



परमाणु

ATOMS

WORK LIKE THIS

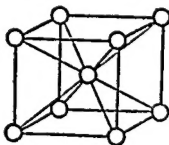


# परमाणु

ATOMS  
WORK LIKE THIS

*John Roland*  
B Sc, F R S A

लेखक  
जॉन रोलैंड  
बी एससी, एफ आर एस ए



चित्रकार  
चार्ल्स ग्रीन

अनुवादक  
एम शर्मा

अलकार प्रकाशन  
666, भील, दिल्ली-110051

## दो शब्द

हिन्दी के विकास और प्रसार के लिए शिक्षा मन्त्रालय के तत्वावधान में पुस्तकों के प्रकाशन की विभिन्न योजनाएँ कार्यान्वित की जा रही हैं। हिन्दी में अभी तक ज्ञान विज्ञान के क्षेत्र में पर्याप्त साहित्य उपलब्ध नहीं है, इसलिए ऐसे साहित्य के प्रकाशन को विशेष प्रोत्साहन दिया जा रहा है। यह तो आवश्यक है ही कि ऐसी पुस्तकें उच्च कीटि की हों, किन्तु यह भी जरूरी है कि वे अधिक महंगी न हों ताकि सामान्य हिन्दी पाठक उन्हें खरीद कर पढ़ सकें। इन उद्देश्यों को सामने रखते हुए जो योजनाएँ बनाई गई हैं, उनमें से एक योजना प्रकाशकों के सहयोग से पुस्तकें प्रकाशित करने की है। इस योजना के अधीन भारत सरकार प्रकाशकों को या तो वित्तीय सहायता प्रदान करती है अथवा निश्चित संख्या में प्रकाशित पुस्तकों की प्रतियाँ खरीद कर उन्हें मदद पहुँचाती है।

प्रस्तुत पुस्तक इसी योजना के अंतर्गत प्रकाशित की जा रही है। इसके अनुवाद और कापीराइट इत्यादि की व्यवस्था प्रकाशक ने स्वयं की है तथा इसमें वैज्ञानिक और तकनीकी शब्दावली आयोग द्वारा निर्मित शब्दावली का उपयोग किया गया है।

हम विश्वास है कि शासन और प्रकाशकों के सहयोग से प्रकाशित साहित्य हिन्दी को समृद्ध बनाने में सहायक सिद्ध होगा और साथ ही इसके द्वारा ज्ञान विज्ञान से सम्बंधित अधिक-अधिक पुस्तकें हिन्दी के पाठकों को उपलब्ध हो सकेंगी।

आशा है यह योजना सभी क्षेत्रों में लोकप्रिय होगी।

ए. अग्रवाल

निदेशक

केन्द्रीय हिन्दी निदेशालय  
शिक्षा मन्त्रालय

Hindi translation of 'ATOMS WORK LIKE THIS'

© Hindi edition reserved by the Publisher

By arrangement with

J M Dent & Sons Ltd London

केन्द्रीय हिन्दी निदेशालय (शिक्षा-मन्त्रालय) भारत सरकार के सहयोग से  
कार्यान्वित लोकप्रिय पुस्तकों की प्रकाशन-योजना' के अंतर्गत स्वीकृत एवं  
कैपिटल बुक हाउस दिल्ली के निमित्त अलकार प्रकाशन से प्रकाशित

मूल्य

पचास रुपये (50 00)

संस्करण

दूसरा 1990

प्रकाशक

अलकार प्रकाशन

666 भील दिल्ली-110051

मुद्रक

वावेरी प्रिन्टर्स प्रा० लि०, नई दिल्ली-110002

## विषय-सूची

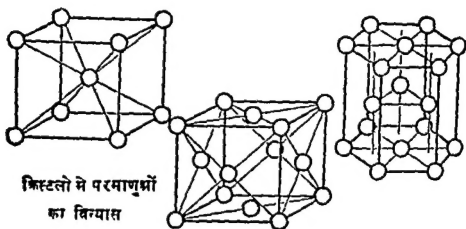
परमाणु का स्वरूप	1
परमाणु के बारे में प्राचीन मान्यता	3
परमाणु भजक	6
इलेक्ट्रॉनों की खोज	10
रेडियो ऐक्टिवता	13
रेडियम	14
नाभिक का विघटन	17
यूट्रॉन	20
शृंखला अभिक्रिया	23
यूरेनियम का विखंडन	25
परमाणु बम	28
परमाणु से ऊर्जा उत्पादन की विधि	31
परमाणु भट्टी	33
परमाणु भट्टी की कार्यपद्धति	36
समस्थानिक	37
चिकित्सा के लिए परमाणु का उपयोग	40
नए तत्त्व	42
हाइड्रोजन बम	44
गाइगर गणित्र	46
ऐक्स-किरणें	48
परमाणु ऊर्जा का भावी रूप	51
परमाणु उद्योग में रोगप्रसार	52
पुस्तक में प्रयुक्त पारिभाषिक शब्द	57

## परमाणु का स्वरूप

आजकल पत्र-पत्रिकाओं में परमाणु की काफी चर्चा रहती है। इनमें परमाणु शक्ति के प्रयोग में इन्हों को चलाने की संभावना परमाणु बमों की भीषण संहार-शक्ति और कभी-कभी चिकित्सा में परमाणुओं के प्रयोग के सम्बन्ध में लेख प्रकाशित होते रहते हैं। लेकिन लेखक आम तौर पर यह मानकर चलते हैं कि पाठकों का परमाणु के बारे में पहले ही काफी जानकारी है। इसलिए वह परमाणु के बारे में बिना कुछ बताए ही सीधे इस बात का वर्णन शुरू कर देते हैं कि परमाणु ऊर्जा किस प्रकार उपलब्ध हो सकती है और उसका किस प्रकार उपयोग किया जा सकता है। वस्तुतः इस विषय में कम लोगों को सही जानकारी होती है। इस पुस्तक का मुख्य उद्देश्य परमाणु के बारे में थोड़ी-बहुत जानकारी देना और यह बताना है कि किस प्रकार उसका मानव की भलाई के लिए प्रयोग किया जा सकता है।

दो हजार वर्ष से भी अधिक समय से, प्राचीन यूनानियों के काल से परमाणु के बारे में यह आम धारणा रही है कि परमाणु पदार्थ का वह छोटे से छोटा भाग है जिसका अस्तित्व हो सकता है। यह विश्व किस चीज़ से बना है? हम दिन प्रतिदिन जिन चीज़ों का इस्तेमाल करते हैं वे कैसे बनी हैं? इन प्रश्नों ने उन्हें अचरज में डाल दिया। अगर हमारे पास लोहे या सीसे का एक टुकड़ा हो और हम उसे काट कर दो हिस्से कर दें और फिर इन टुकड़ों के भी दो-दो हिस्से कर दें और इसी प्रकार तोड़ने की इस प्रक्रिया को बार-बार दोहराते जाएँ तो क्या कभी इस प्रक्रिया का कहीं अंत होगा? क्या कभी ऐसी स्थिति आएगी (मान लो हमारे पास धातु के सूक्ष्म से सूक्ष्म टुकड़ों को देखने के लिए बहुत अधिक शक्तिशाली सूक्ष्मदर्शी (माइक्रोस्कोप) भी है जब लोहे या सीसे के अति सूक्ष्म टुकड़े को और अधिक काटने से वह धातु ही समाप्त हो जाए या धातु की बनावट ही कुछ ऐसी हो कि तोड़ने की यह प्रक्रिया निरन्तर जारी रह सके।





यह प्रश्न क्रिस्टलो के अस्तित्व के कारण उठा। हम हजारों वर्षों से इन क्रिस्टलो से परिचित हैं। क्रिस्टलीय पदार्थ वे पदार्थ होते हैं जिनका एक निश्चित आकार होता है और किसी एक विशेष पदार्थ के क्रिस्टल हमेशा एक ही आकार के होते हैं। इससे यह संकेत मिला कि संभवतः ठोस पदार्थों की रचना छोटे-छोटे कणों के समूह से मिलकर होती है और किसी क्रिस्टल में ये कण किसी विशेष डिजाइन के अनुसार निहित होते हैं।

यूनानी विचारकों का कहना था कि अगर किसी ठोस पदार्थ के टुकड़ों को क्रमशः अधिकाधिक छोटे टुकड़ों में विभाजित करते जाएँ तो अंत में एक ऐसी स्थिति आ जाएगी जब उन टुकड़ों को और अधिक तोड़ने से या तो वह पदार्थ पूरी तरह से बदन जाएगा या नष्ट हो जाएगा। ये अतिसूक्ष्म कण ही लोह या सीसे के परमाणु हैं।

इसके सैकड़ों वर्षों बाद ही परमाणु की समझा की ठीक से समझा जा सका। अठारहवीं सदी में माचेम्टर के डाल्टन नामक एक रसायनज्ञ ने पहले-पहल यह बताया कि दुनिया के थोड़े-से पदार्थों के, जिन्हें तत्त्व' (Element) कहते हैं, परमाणुओं से ही विश्व की सभी वस्तुओं की रचना हुई है। डाल्टन ने इस बात को और अधिक स्पष्ट करते हुए बताया कि केवल लोहा या सीसा ही नहीं अपितु लकड़ी और कागज, कपड़ा और

चमड़ा भी परमाणुओं से बने हैं। डाल्टन का परमाणु-सिद्धांत जिसे आज भी स्कूलों में पढ़ाया जाता है यह दिखाता है कि कुछ तत्वों के परमाणु मिलकर 'अणु' (Molecule) भी बना सकते हैं। इन्हें यौगिक परमाणु (Compound Atom) कह सकते हैं। ये परमाणु जिस प्रकार मिलते हैं उनकी सत्या के अनुपात और उनके मिलने के ढंग के कारण विश्व के उन करोड़ों पदार्थों की रचना होती है जिनके संपर्क में हम दिन-प्रतिदिन आते हैं।

## परमाणु के बारे में प्राचीन मान्यता

डाल्टन ने इस सिद्धांत की विस्तृत रूपरेखा प्रस्तुत की और शीघ्र ही अन्य रसायनज्ञों ने इसकी अन्य बातों का पता लगाया। उदाहरण के तौर पर उन्होंने बताया कि विश्व के सभी पदार्थ 92 तत्वों से बने हैं। यदि हम विभिन्न प्रकार के 92 पदार्थों की—92 प्रकार की ईंटों के रूप में कल्पना करें तो हम उनके द्वारा अनेक प्रकार की इमारत—मकान, गिरजाघर, सिनेमाघर—बनाने की भी कल्पना कर सकते हैं।

डाल्टन ने यह भी बताया कि हम इस बात का भी पता लगा सकते हैं कि विभिन्न तत्वों के परमाणु किस अनुपात में मिलते हैं। यदि हम परमाणुओं को द्रव्यों के नियत भार वाले थोड़े-छोटे टुकड़े मान लें तो हम देखेंगे कि दो या दो से अधिक तत्वों से मिल कर बनने वाले किसी यौगिक में उन तत्वों का अनुपात भी निश्चित होगा। अगर हम हाइड्रोजन के एक परमाणु के लिए H और ऑक्सीजन के एक परमाणु के लिए O लिखें (जैसा कि रसायनज्ञ करते हैं) तो जब हम यह कहते हैं कि पानी हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का यौगिक है तो यह स्पष्ट ही है कि पानी का रासायनिक सूत्र HO या  $H_2O$  अथवा  $H_3O$  की तरह ही कुछ होगा। हम जानते हैं कि पानी का सूत्र

पानी . . . . .  $H-O-H$

नमक . . . . .  $Na-Cl$

क्लोरोफॉर्म . . . . .  $\begin{array}{c} Cl \\ | \\ H-C-Cl \\ | \\ Cl \end{array}$

अलकोहल . . . . .  $\begin{array}{c} H & H \\ | & | \\ H-C & -C-O-H \\ | & | \\ H & H \end{array}$

$H$  = हाइड्रोजन

$O$  = ऑक्सीजन

$Na$  = सोडियम

$Cl$  = क्लोरीन

$C$  = कार्बन

अणुओं की बनावट

$H_2O$  नियत किया गया था। इसी प्रकार अन्य ज्ञात पदार्थों के भी सूत्र मालूम किए गए।

इस दिना में जो प्रगति हुई है यही इसका सक्षिप्त एवं सरल विवरण ही दिया गया है। इन पृष्ठों में सैकड़ों वर्षों के पश्चिम पूर्वक एवं मावधानों से किए गए कार्यों का सक्षिप्त इतिहास दिया है।

इस विवरण को देखने से यह प्रत्रिया जितनी सरल प्रतीत होती है वस्तुतः वैसी है नहीं। लेकिन ऐतिहासिक पृष्ठभूमि के रूप में परमाणु के सम्बन्ध में जो आवश्यक बातें थी वे यहाँ बता दी गई हैं।

ध्यान देने योग्य बात यह है कि पहले-पहल परमाणुओं की कल्पना छोटी-छोटी बिलियर्ड की गेंदों के रूप में की गई थी जिनके अलग-अलग भार थे और जो परस्पर भिन्न-भिन्न स्थानों पर सबद्ध थे। इनमें से हाइड्रोजन गैस के परमाणु सबसे हल्के और यूरेनियम धातु के परमाणु सबसे भारी पाए गए। यूरेनियम के बारे में इसी पुस्तक में अधिक विस्तार से आगे चलकर विचार किया जाएगा। इन दोनों तत्वों के बीच और भी नव्वे तत्व थे जिनमें से कई के बारे में आपने स्कूल विज्ञान के पाठ्यक्रम में पढ़ा होगा। ये गंधक, फॉस्फोरस और कार्बन जैसे अधातु पदार्थ, हाइड्रोजन और नाइट्रोजन आदि गैसें तथा रोजमर्रा के इस्तेमाल की लोहा, चादी और तांबा आदि धातुएँ हैं।

लेकिन अणुओं के बारे में एक बात विशेष महत्त्व की है और वह यह कि सैकड़ों वर्षों से वैज्ञानिक यह समझते रहे कि विभिन्न तत्वों के परमाणुओं को किसी प्रकार भी बदला नहीं जा सकता। वस्तुतः समझा यह जाता था कि ये तत्व इस संसार के निर्माण के लिए मूल सामग्री हैं। इन्हें मिलाकर यौगिक बनाए जा सकते हैं और इन यौगिकों को तोड़कर पुनः तत्व प्राप्त किए जा सकते हैं। लेकिन ऐसा समझा जाता था कि संयोजक की प्रक्रिया में होने वाले इन सभी परिवर्तनों में परमाणु में किसी प्रकार का परिवर्तन नहीं होता। आज अधिकांश पुरानी मान्यताएँ बदल चुकी हैं और परमाणु के बारे में विचारों में परिवर्तन के कारण ही वर्तमान युग को 'परमाणु युग' कहते हैं।

## परमाणु भंजक (Atom Smasher)

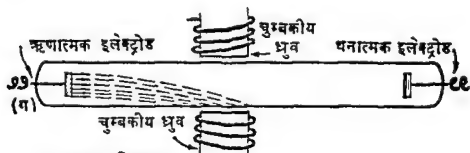
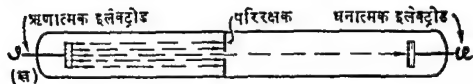
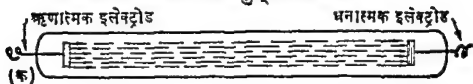
यह बड़े आश्चर्य की बात है कि वैज्ञानिक जिन विचारों को कई शताब्दियों तक मानते आए वे धीरे-धीरे कैसे लुप्त हो गए। यहाँ स्वभावतः यह प्रश्न उठता है कि वैज्ञानिकों को इस बात का कैसे ज्ञान हुआ कि उनकी परमाणु में परिवर्तन न होने की धारणा पूरी तरह से ठीक नहीं है। आज-कल हम बड़ी-बड़ी परमाणु भट्टियों के बारे में (जिनका वर्णन आगे किया जाएगा) पढ़ते हैं। उनमें परमाणुओं को तोड़ा जाता है। इन नवीन खोजों के कारण परमाणु के बारे में यह पुरानी धारणा, कि वे विलियर्ड्स की गेंद के समान होते हैं, समाप्त हो चुकी है।

यह बात चाहे कुछ विचित्र ही क्यों न प्रतीत हो कि तु आरम्भ में वैज्ञानिकों के मन में गैसों के माध्यम से विद्युत् के चालन (Conduction) के सम्बन्ध में किए गए कुछ प्रयोगों के कारण यह सदेह पैदा हुआ था। अगर हम काँच की एक नली ले (जैसी चित्र में दिखाई गई है) जो दोनों ओर से अच्छी तरह बंद हो और यदि नली के दोनों सिरों से धातु पट्टिकाएँ (जिन्हें सामान्यतः इलेक्ट्रोड कहते हैं), प्रविष्ट कराएँ और इन्हें तार द्वारा एक शक्तिशाली बैटरी से जोड़ तो यदि बैटरी में वोल्टता काफी होगी तो उससे विजरी की छोटी-सी चिनगारी निकलेगी, इस चिनगारी को सामान्यतः स्फुलिंग (Spark) कहते हैं। यह स्फुलिंग नली में से होकर एक इलेक्ट्रोड से दूसरे इलेक्ट्रोड पर पहुँच जाएगा। अगर इस नली में मेरुभग मारी की सारी हवा निकाल दे तो एक ऐसी अवस्था आजाएगी जब स्फुलिंग बिल्कुल दिखाई नहीं देगा।

अब इस नली में एक तरह की विमर्शित चमक फैल जाएगी। मर विलियम क्रुक्स ने आरम्भ में गैसों में से विद्युत् विमर्जन के बारे में काफी अनुसंधान किया जिसके आधार पर उसने एक ऐसा सिद्धांत स्थिर करने का प्रयास किया जिसके द्वारा नली में होने वाली प्रक्रिया की व्याख्या की जा सके।

निर्वात (Vacuum) नली में इस अद्भुत दीप्ति (Glow) (और विभिन्न दावों पर स्वयं नवी की दीप्ति का अनोखापन) वास्तव में इस

# निर्वात नलियों में विद्युत्-विसर्जन

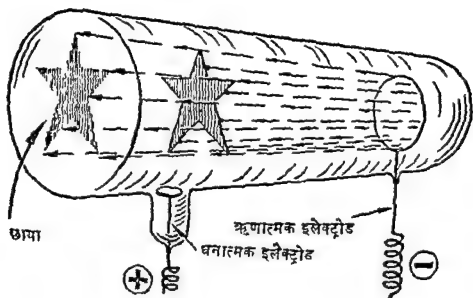


क सामान्य विसर्जन

ख परिरक्षक द्वारा अवरोधित विसर्जन

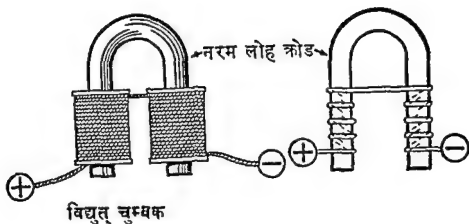
ग चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा प्रभावित विसर्जन

बात म था कि नली में से विद्युत् धारा उस समय अधिक आसानी से गुजरती था जब उसमें हवा या गैस का लगभग अभाव होता था। इस परिणाम की विलकुल ही आशा नहीं की जा सकती थी अगर हम ऐसी कल्पना कर कि कुछ नौकाएँ नदी के प्रवाह के साथ बह रही हों तो यह कल्पना भी नहीं की जा सकती कि यदि नदी का लगभग सारा पानी निकाल दिया जाए तो नौकाएँ पहले से अधिक सुचारु रूप से बहने लगगीं। लेकिन जब क्रुक्स नली में हवा भर दी जाए तो यह हवा विद्युत् को एक स्फूर्तिग के रूप में ही गुजरने देगी और अब यह विद्युत् धारा नली में से एक निरंतर एवं अपरिवर्ती प्रवाह के रूप में नहीं गुजरेगी। परन्तु यदि नली में से लगभग सारी हवा निकाल दी जाए तो विद्युत् धारा सतत रूप से और आसानी से गुजरेगी।



अब हमारे सामने यह समस्या इस रूप में आती है कि निर्वात नली में ऐसी क्या चीज थी जिसके माध्यम से विद्युत् धारा एक सिरे से दूसरे सिरे पर पहुँचती है। क्रुक्स तथा अन्य वैज्ञानिकों ने कुछ ऐसे ठोस पदार्थों के कणों की कल्पना की जो एक इलेक्ट्रोड से दूसरे इलेक्ट्रोड की ओर गति कर रहे थे जिनमें से प्रत्येक कण पर किसी न किसी प्रकार कुछ विद्युत् आवेश लगा हुआ था।

इस बात की पुष्टि एक प्रयोग द्वारा हुई, जिसे ऊपर दिए चित्र में प्रदर्शित किया गया है। काँच की नली के बीच में एक ठोस विशिष्ट आकार की परिरक्षक प्लेट लगा देने पर दीप्ति हक जाती थी। इससे स्पष्ट हो गया कि वहाँ ठोस कणों का या प्रकाश की तरह का कोई प्रवाह था जो नली में से होकर गुजर रहा था। विद्युत् धारा के मार्ग में धातु की प्लेट लगा देने पर नली के सामने वाले भाग पर छाया प्राप्त हुई जिसके मुस्पष्ट कोने थे इससे यह सिद्ध हो गया कि नली में से विद्युत् धारा का वहन वाहे कणों द्वारा हो रहा हो अथवा किरणों द्वारा परन्तु ये कण अथवा किरणें सरल रेखा में गति करते हैं।



इस प्रकार यह प्रथम निष्कर्ष प्राप्त हुआ। इसके बाद यह अनुभव किया गया कि इस समस्या का एक और तरीके से भी अध्ययन किया जा सकता है। जिसे विजली के बारे में थोड़ा-बहुत भी मालूम हो तो वह जानता है कि विद्युत् और चुम्बकत्व में परस्पर कुछ सम्बन्ध है। अगर लोहे या स्पात के टुकड़े पर कुडली की तरह लिपटी हुई तार में से विद्युत् धारा प्रवाहित की जाए तो लोहे या इस्पात का वह टुकड़ा चुम्बकित हो जाएगा, इसे 'विद्युत् चुम्बक' (Electromagnet) कहते हैं। और यदि चुम्बक के दो ध्रुवों के बीच एक ऐसी तार रखी जाए जिसमें से विद्युत् धारा प्रवाहित हो रही हो तो कुतुबनुमा की सुई की तरह यह भी एक विशिष्ट दिशा में घूम जाएगी।

इस प्रकार जब वैज्ञानिक, नली में विद्युत् धारा के इस अद्भुत विसर्जन की समस्या से परेशान हो रहे थे तो उन्होंने सोचा कि देखें एक सशक्त चुम्बक को नली के पास रखने से क्या प्रभाव पड़ता है। चित्र को देखने से इसके परिणाम का पता चलता है। चुम्बकीय आकर्षण ने प्रवाह को दूसरी ओर मोड़ दिया। इससे निस्संदेह से यह मालूम हो गया कि नली में दीप्तिमान पदार्थ किरणों के बजाय कोई ठोस द्रव्य था। क्योंकि हम किसी प्रकार भी यह कल्पना नहीं कर सकते कि चुम्बक के द्वारा किरणों को भी कभी प्रभावित किया जा सकता है।



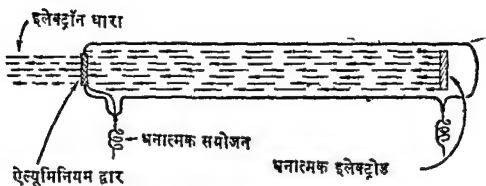
# इलेक्ट्रॉनों की खोज

इससे अगली अवस्था को समझना बहुत आसान नहीं है। संभवतः इसकी व्याख्या तभी अच्छी तरह की जा सकेगी यदि इसकी तुलना किसी बिल्कुल ही भिन्न प्रकार से की जाए। मान लीजिए कि आप फुटबाल खेल रहे हैं और आप भी अग्रपंक्ति (फोरवर्डों) में से एक हैं, आप गेंद का विरोधी दल के फुल बैक से आगे निकालने के प्रयास में उसे अपने कंधे से धक्का मारते हैं अब यदि वह हट्ट-पुट्ट और भारी हो और आप दुबले-पतल हो तो स्वाभाविक है कि धक्का देने के बाद जूद आप ही पोंछे धकेले



जाएँ। इसके विपरीत यदि वह सामान्य कद-काठ का हो तो आप धक्का देकर उसका संतुलन बिगाड़ने में सफल हो सकेंगे। यदि इस समस्या पर वैज्ञानिक दृष्टि से विचार किया जाए तो आप अपने भार और वेग तथा अपने विरोधी खिलाड़ी के भार और वेग के बीच एक प्रकार का सम्बन्ध निकाल सकते हैं। अगर आपको अपना भार और वेग मालूम हो तो आप विरोधी पक्ष के खिलाड़ी को धक्का देने के बाद जो प्रतिक्रिया हुई अर्थात् उसे धक्का देने पर वह गिर गया या आपको धक्का लगा, इस तथ्य के आधार पर उसका भार और वेग मालूम कर सकते हैं।

चुम्बक की सहायता से कणों का माप बढ़ाने में वैज्ञानिकों ने इसी सिद्धांत का आश्रय लिया था। इससे उन्हें पता चला कि विभिन्न सामग्रियों



## इलेक्ट्रॉनों का स्रोत

(strength) वाल चुम्बकी का प्रयोग करके इस बात का पता लगाया जा सकता है कि कणों का पथ किस प्रकार बदलता है। और अन्त में वे धारा में प्रवाहित होने वाले कणों का भार मालूम करने में सफल हुए।

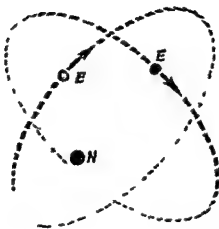
इससे कुछ अत्यधिक आश्चर्यजनक परिणाम निकले। एक तो यह कि नला में चाहे जो भी गैस हो और चाहे जिस किसी भी पदार्थ के इलेक्ट्रोड बने हो परन्तु प्रवाहित होने वाले कणों का भार हमेशा एक समान ही पाया गया और दूसरी बात यह कि इन कणों का भार बहुत थोड़ा होता है जो हाइड्रोजन के परमाणु के भार का  $1/1800$  होता है।

यह बात काफी आश्चर्य चकित कर देने वाला और बिलकुल ही अप्रत्याशित थी।

यही नन्हा-सा हल्का कण बाद में इलेक्ट्रॉन कहलाया। शीघ्र ही सभी वैज्ञानिक इस बात पर सहमत हो गए कि दरअसल जब विद्युत् धारा विसर्जित हुई तो इलेक्ट्रोड के परमाणुओं से कुछ अश छिटक कर दूट गए और यही टुकड़े जिन पर विद्युत् आवेश था नली में तीव्र गति से चल रहे थे। यदि नली में किसी उपयुक्त धातु का निर्गमन द्वार बना दिया जाए तो ये कण नली में से बाहर निकल सकते थे।

वे इस बात पर भी सहमत थे कि सभी परमाणुओं की संरचना में कुछ इलेक्ट्रॉन अवश्य होते हैं। इसलिए वैज्ञानिकों ने परमाणु की संरचना

## परमाणु का आलेख



N—नाभिक

E—इलेक्ट्रॉन

के विषय में जानकारी के लिए अध्ययन आरम्भ किया। यह बात निस्संदेह स्पष्ट थी कि परमाणु बहुत ही छोटे होते हैं इसलिए उनकी संरचना के बारे में जो अध्ययन किया जाएगा वह अवश्य ही बहुत कठिन होगा। इसके अलावा यह भी मालूम था कि परमाणुओं का रचना केवल इलेक्ट्रॉनों से ही नहीं हो सकती यद्यपि दूसरे मूलभूत कण—प्रोटॉन—की खोज इसके कुछ समय बाद हुई। (देखिए पृष्ठ 17)।

यहाँ इलेक्ट्रॉन के बारे में एक और बात बताना आवश्यक है। विदित हो कि विद्युत् धारा दो प्रकार की होती है, जिसे सामान्यतः घनात्मक एवं ऋणात्मक कहते हैं। इसी बात को सूचित करने के लिए प्रायः विद्युत् उपकरणों के लिए टर्मिनलों पर धन या ऋण चिह्न अंकित होते हैं। चुम्बकीय क्षेत्र की सहायता से धनावेश वाले कण विपरीत ऋणावेशित कणों की अपेक्षा विपरीत दिशा में भुंका जाते हैं। इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह के चुम्बकीय परिवर्तन के प्रभाव का अध्ययन करने से शीघ्र ही यह पता चला कि सभी इलेक्ट्रॉन ऋणावेशित होते हैं। यह भी सिद्ध हो गया कि इस आवेश में कभी परिवर्तन नहीं होता। वास्तव में, प्रत्येक इलेक्ट्रॉन में विद्युत् की एक-सी मात्रा रहती है।

# रेडियो ऐक्टिवता

फ्रांसीसी भौतिकी-विद् बैकरल ने 1896 में ही यूरेनियम धातु के यौगिकों के बारे में अध्ययन शुरू कर दिया था। इस समय तक ज्ञात तत्वों में से यूरेनियम सबसे भारी था। उसने देखा कि इस धातु के यौगिक अंधेरे में चमकते हैं। एक इससे भी आश्चर्यजनक बात की ओर उसका ध्यान गया। आप जानते ही हैं कि प्रकाश के बचाव के लिए फोटोग्राफी की प्लेटों और फिल्मों को काले कागज में सावधानी से लपेटकर रखा जाता है, यदि फोटोग्राफी की प्लेट या फिल्म पर किसी भी तरह के प्रकाश का असर हो जाए तो नैगेटिव खराब हो जाता है, लेकिन एक और तथ्य की ओर बैकरल का ध्यान अनायास ही चला गया, उसने देखा कि यदि काले कागज से लिपटी हुई फोटोग्राफी की प्लेट पर यूरेनियम के यौगिक का टुकड़ा रख दिया जाए तो नैगेटिव पर इसका चित्र खिंच जाता है। इसका अभिप्राय यह है कि यूरेनियम में से कुछ ऐसी चीज—कण या किरणें—निकलती हैं जो आवरण के पार निकलकर प्लेट को प्रभावित करती हैं और प्लेट में कुछ रासायनिक परिवर्तन हो जाता है।

यह विकिरण यूरेनियम से निरन्तर होता रहा। इस धातु पर कोई भी क्रिया करने पर उसका विकिरण पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। ऐसा मालूम पड़ा कि यह एक ऐसी शाश्वत क्रिया है जिसपर रासायनिक परिवर्तनों का भी कोई प्रभाव नहीं होता। यह रहस्य वैज्ञानिकों के लिए उसी प्रकार चुनौती बनकर आया जैसे कत्तल का कोई मामला स्कॉटलैंड याइंड के लिए चुनौती होता है।

शीघ्र ही इस सत्य के बारे में कुछ जानकारी उपलब्ध हो गई। मालूम हुआ कि यूरेनियम में से इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह लगातार आ रहा है। अब प्रश्न यह उठा कि क्या यही वह चीज है जिसने फोटोग्राफी की प्लेट पर क्रिया की थी? क्या यूरेनियम के परमाणु उन पर कोई क्रिया हुए बिना ही निरन्तर टूटते रहते हैं?

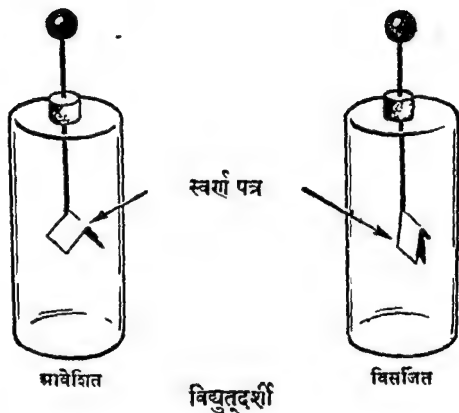
इन प्रश्नों से इस बात का संकेत मिलता है कि उन्होंने किसी नए रहस्य को खोज निकाला था। यहाँ यह जो नवीन परिवर्तन देखने

मे आया इसे 'रेडियो ऐक्टिवता' कहा गया। शीघ्र ही बहुत से वैज्ञानिकों ने रेडियो ऐक्टिव परिवर्तन के बारे में अध्ययन शुरू कर दिया और कुछ ही समय बाद यह पता चला कि यूरेनियम और यूरेनियम के योगिकों (विशेष रूप में पिच ब्लैंड नामक शिलाखड जिससे यूरेनियम निकाला जा सकता है) के विभिन्न नमूनों की रेडियो ऐक्टिवता की सामर्थ्य बहुत अधिक भिन्न होती है। यह भी मालूम हुआ कि इनमें से कुछ यूरेनियम के नमूने समय की नियत अवधि में अन्य नमूनों की अपेक्षा अधिक इलेक्ट्रॉन विसर्जित करते हैं। आरम्भ में इस अंतर का कारण यूरेनियम की विभिन्न किस्मों के अंतर को समझा गया था, लेकिन शीघ्र ही यह संदेह हुआ कि उनके साथ किसी नए पदार्थ के कुछ अधिक रेडियो ऐक्टिवता वाले नमूने मिल गए होंगे जिन्हें परिशुद्ध रूप में प्राप्त करना संभव होगा और जो यूरेनियम से भी वही अधिक रेडियो ऐक्टिवता सिद्ध होंगे।

## रेडियम

यूरेनियम के नमूने को जिस पदार्थ ने अधिक रेडियो ऐक्टिव बना दिया अब उसे 'रेडियम' कहने लगे। पहले-पहल इसकी खोज 1894 में फ्रांस में पियरे क्यूरी और मैरी क्यूरी ने की थी। इस खोज के लिए क्यूरी दंपती ने जो प्रयोग किए वे निस्संदेह इस कहानी के सबसे महत्वपूर्ण एवं रोचक भाग हैं। ईव क्यूरी ने अपनी मां मादाम क्यूरी की जीवनी में इसका विस्तृत वर्णन किया है।

क्यूरी दंपती ने टूटी-फूटी चापड़ी में अनथक परिश्रम करके टनो पिच ब्लैंड से बहुत थोड़ा-सा रेडियम का नमूना पाने में सफलता पाई। वे जिस पदार्थ से रेडियम का नमूना पाने का प्रयत्न कर रहे थे उन्होंने उसके प्रत्येक भाग को विद्युत् दर्शी (Electroscope) उपकरण द्वारा परीक्षा की। जब इस उपकरण के आसपास विद्युत् आवेश होता है तो



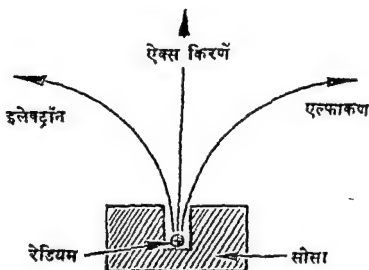
इसमें लगे स्वर्ण पत्र फैल जाते हैं। स्पष्ट है कि उपलब्ध पदार्थ में से शुद्ध रेडियम को अलग करने का कार्य क्यूरी दंपति के लिए अत्यधिक कष्ट साध्य रहा होगा।

जब शुद्ध रेडियम का बहुत थोड़ा-सा नमूना प्राप्त हुआ तो ज्ञात हुआ कि रेडियो ऐक्टिवता की समस्या को बैकेरेल ने जितना जटिल समझा था यह उससे भी कहीं अधिक जटिल है। यहाँ केवल ऋणावेशित इलेक्ट्रॉनों के प्रभाव से ही वास्ता नहीं था बल्कि धातु से तीन प्रकार की चीजें निकल रही थी।

एक तो वहाँ तेजी से गति करते हुए इलेक्ट्रॉन थे। दूसरे कुछ अपेक्षाकृत कहीं अधिक भारी कण थे जो 'ऐल्फा-कण' कहलाते हैं। ये हीलियम (जो हाइड्रोजन से चार गुना भारी एक दुर्लभ गैस होती है) के धनावेशित परमाणु थे। तीसरे वहाँ पर एक प्रकार की प्रसर किरणों का

प्रवाह था जिसे बाद में ऐक्स विररण कहा गया। जैसा कि स्वाभाविक ही है ये भार हीन थी और उन पर किसी प्रकार का विद्युत् आवेश नहीं था, लेकिन वे वायु तथा गैर आवेश वस्तुओं के सहज ही भार-भार जा सकती थी। यूरेनियम गॉज के नमूने की (जिसमें थोड़ी-सी रेडियम की मात्रा मिली थी) स्वतः फोटो लिख जाने का कारण ये ऐक्स विरण ही थी।

यह भी निश्चिन्त हो गया कि रेडियम का रसायनी रूप में एक निरंतर विघटन होता रहता है। इसके विघटन की गति में तापमान, दाब और यहाँ तक कि रासायनिक अवस्था में परिवर्तन के कारण भी कोई प्रभाव नहीं पड़ता। जब किसी अत्यंत सूक्ष्म माप रेडियम मिली होती है तब भी इसका विघटन उतनी ही गति से होता है (उगसे अधिक तेजी से नहीं) जितना कि शुद्ध अवस्था में होने पर होता है। यह एक ऐसा परिवर्तन था जिस पर वैज्ञानिकों का कोई नियंत्रण न था।



रेडियम का विघटन

यहाँ एक और तथ्य की ओर ध्यान दिला देना आवश्यक है। रेडियम का परमाणु भार (atomic weight) (अर्थात् सब तत्वों से हलके

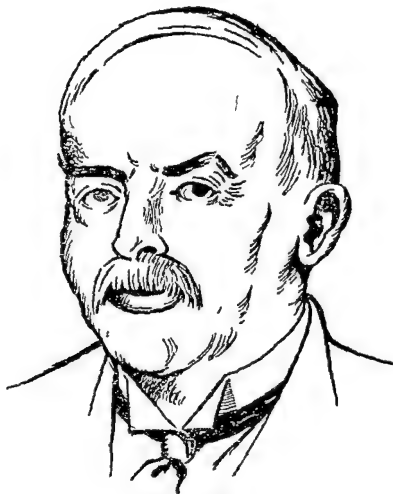
तत्व हाइड्रोजन की तुलना में इसके परमाणुओं का भार) 226 है। अब यदि 226 भार वाले एक परमाणु से एक हीलियम का परमाणु कम कर दिया जाए जिसका भार 4 है, तो कोई ऐसा पदार्थ बच रहेगा जिसका परमाणुभार 222 होगा। इस पदार्थ की उपलब्ध मात्रा इतनी कम थी कि इसके बारे में अध्ययन करना बहुत कठिन हो गया। लेकिन इसे बाद में रेडियम प्रसंग या रेडॉन कहा गया और यह एक ऐसा तत्व ज्ञात हुआ जिसके बारे में पहले कुछ भी पता न था।

## नाभिक (nucleus) का विघटन

क्यूरी दंपती द्वारा रेडियम को अलग करने के बाद न्यूजीलैंड के महान् वैज्ञानिक लार्ड रदरफोर्ड ही वह व्यक्ति था जिसने कई वर्षों तक कैम्ब्रिज में अनुसंधान काय करके परमाणुओं के सम्बन्ध में जानकारी प्रदान करने में सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण योगदान किया। रदरफोर्ड द्वारा परमाणु के अनुसंधान का कार्य आरम्भ करने से पहले लोगों को यह मालूम था कि कुछ परमाणु इस प्रकार स्वतः विघटित हो सकते हैं जिसका वर्णन ऊपर किया जा चुका है। उन्हें यह भी ज्ञात था कि परमाणु में ऋणावेशित छोटे-छोटे कण होते हैं जिन्हें इलेक्ट्रॉन कहते हैं। उनका यह भी अनुमान था कि परमाणु में धनावेशित कण भी होते हैं जिन्हें प्रोटॉन कहते हैं। लेकिन रदरफोर्ड ने ही पहले पहल यह पता लगाया कि प्रोटॉन के भारी कण परमाणु के ठीक मध्य में संकेंद्रित होते हैं, और हल्के इलेक्ट्रॉन या कुछ इलेक्ट्रॉन तो अवश्य ही इस केन्द्र के चारों ओर (जिसे सामान्यतः 'नाभिक', या न्यूक्लियस कहते हैं) चक्कर काटते हैं।

इसके अलावा रदरफोर्ड ही पहला ऐसा व्यक्ति था जिसने परमाणुओं के सभावित कृत्रिम विघटन के सम्बन्ध में काय किया। उसे मालूम था कि उसे जो उपकरण उपलब्ध है उसकी सहायता से नाभिक





सांड रबरफोर्ड

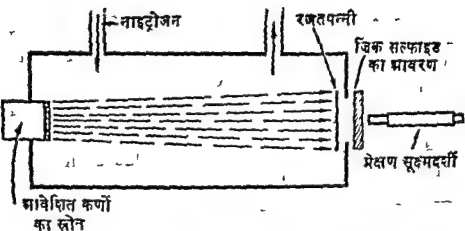
वेधन की एक ही विधि है और वह यह कि उपलब्ध सामग्री से नाभिक पर प्रहार किया जाए। संभवतः यह विधि पूर्णतया असतोपजनक प्रतीत होगी जो दरअसल कुछ हद तक है भी। यह ऐसा ही है कि हम यदि एक ऐसे कमरे की कल्पना करें जिसमें फर्नीचर भरा हो और चारों ओर दीवारों में बीच-बीच में गाली स्थान हो। यह भी कल्पना करें कि फर्नीचर अथवा जिस सामग्री से फर्नीचर बना है उसे पाने के लिए एक ही माध्यम उपलब्ध है वह है गिर्वाँवर के द्वारा कमरे के अन्दर गोलियाँ चलाना तथा उससे प्रहार से टूटने वाले लकड़ी या धातु के ऐसे छोटे-छोटे टुकड़ों

को प्राप्त कर लेना जो दीवार के खाली भाग से छिटककर बाहर निकल आएँ। इस उदाहरण से आरम्भिक प्रयोगों को कठिनाई का थोड़ा-बहुत अनुमान हो सकता है। क्योंकि रदरफोर्ड और उसके सहायकों ने लगभग यही कुछ किया। इनके पास ऐल्फा कण रूपी गोलियाँ थी (देखिए पृष्ठ 15) इस बारे में उन्हें जितनी जानकारी पाने की आशा थी उतनी न मिल सकी, लेकिन फिर भी उन्होंने काफी ज्ञान प्राप्त कर लिया।

ऐसे इलेक्ट्रानों को वेधन करना कठिन नहीं था जो केन्द्रीय नाभिक के चारों ओर उसी प्रकार चक्कर काटते थे जैसे ग्रह सूर्य की परिक्रमा करते हैं लेकिन नाभिक को विघटित करने की समस्या इससे भिन्न प्रकार की थी। अनेक कुशल सहायक इस कार्य में उसकी मदद कर रहे थे। इनमें से संभवतः सबसे विख्यात सहायक एक युवक था जिसका नाम डॉ॰ कॉकक्राफ्ट था जो बाद में सर जान कॉकक्राफ्ट के नाम से प्रसिद्ध हुआ और ब्रिटेन के हार्वेल स्थित प्रथम परमाणु ऊर्जा अनुसंधान केन्द्र का अध्यक्ष बना।

नीचे रदरफोर्ड के परमाणु भजक का चित्र दिया गया है। इसमें ऐल्फा कणों से नाइट्रोजन गैस पर प्रहार किया गया और यह पता लगा कि नाइट्रोजन परमाणुओं से कुछ कण बाहर निकले। और यह जानने के लिए सूक्ष्मदर्शी में से जिक सल्फाइड के आवरण का प्रेक्षण किया गया जो विद्युत् आवेशित कण के टकराने पर चमक उठता था। ये कण प्रोटॉन सिद्ध हुए जो अवश्य ही नाइट्रोजन के परमाणुओं के नाभिकों में से निकले होंगे।

इस प्रयोग को पूरी तरह मतापजनक नहीं कहा जा सकता। क्योंकि बहुत ही थोड़े-से कणों ने नाइट्रोजन के नाभिकों पर सीधा प्रहार किया। जैसे सूर्य मण्डल के पूरे भाग में से बहुत थोड़े स्थान को घेरता है उसी प्रकार नाभिक भी बहुत थोड़ा-सा स्थान घेरता है। ऐल्फा के कण तो पहले ही विद्युत् आवेशित होते हैं। इस प्रकार विद्युत् आवेशित गोली से यदि किसी ऐसे लक्ष्य पर प्रहार किया जाए जो स्वयं भी विद्युत् आवेशित हो तो उसके सफल होने की सम्भावना बहुत कम होती है। इस विद्युत् आवेश के कारण समस्या बहुत अधिक जटिल हो जाती है।



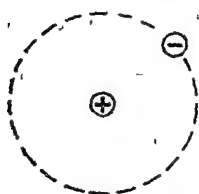
रदरफोर्ड का परमाणु भजक

लेकिन यह ऐसा प्रथम प्रयोग था जिसने इस बात को सिद्ध कर दिया कि परमाणुओं को तोड़ा जा सकता है। यह प्रयोग 1920 में हुआ।

## न्यूट्रॉन

परमाणु के क्षेत्र में सबसे बड़ी प्रगति उस समय हुई जब वैज्ञानिकों को यह पता चला कि ऐसे उदासीन कण का भी अस्तित्व है जिस

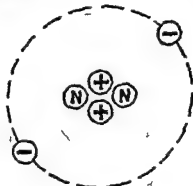
## सरल परमाणु



हाइड्रोजन का परमाणु

(-) = इलेक्ट्रॉन

(+) = प्रोटॉन

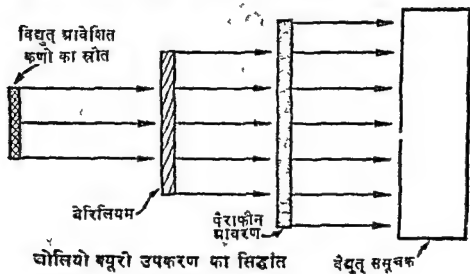


हीलियम का परमाणु

(N) = न्यूट्रॉन

पर विद्युत् आवेश नहीं होता। सन् 1920 में ही लाई रदरफोर्ड को अणुआवेश युक्त इलेक्ट्रॉन और धनावेश युक्त प्रोटॉन के अस्तित्व का ज्ञान था। उसका अनुमान था कि धनावेशित इलेक्ट्रॉन का भी (जिसकी बाद में खोज भी हो गई और उसे पॉजिट्रॉन नाम दिया गया) अस्तित्व हो सकता है, साथ ही उसका यह भी विश्वास था कि यदि ऐसे कण मिल जाएँ तो यह बात सर्वाधिक महत्व की होगी। क्योंकि गैस की नली में इसके द्वारा प्रहार किया जा सकेगा और इससे विद्युत् सम्बन्धी बलों से पैदा होने वाली पेचीदगियों से बचा सकेगा। 1920 में इसके बारे में रदरफोर्ड ने लिखा था कि यदि उदासीन कण की खोज हो गई तो यह कण बिना रुकावट के पदार्थ में से होकर गमन कर सकेगा और इसे अच्छी तरह बन्द पात्र में रखना असम्भव होगा। यद्यपि रदरफोर्ड ने इस उदासीन कण की खोज का भरसक प्रयत्न किया लेकिन उसे इस प्रयास में सफलता नहीं मिली और यह एक महान् वैज्ञानिक की सृजनात्मक कल्पना की एक उड़ान मान रह गया। -

फ्रांसीसी वैज्ञानिक जोलियो क्यूरी और उसकी पत्नी ग्राइरीन (जो रेडियम धातु की खोज करने वाले क्यूरी दंपती की पुत्री थी) ने ही सर्वप्रथम इस बात का सतोषजनक प्रमाण दिया कि ऐसे कण का, जिसे बाद में न्यूट्रॉन कहा गया, वास्तव में अस्तित्व है।



जोलियो दम्पति ने अपने प्रयोगों का वर्णन 1932 में किया। इस प्रयोग के लिए उन्होंने रेडियो ऐक्टिव पोलोनियम धातु को लिया, जो कई बातों में रेडियम से भिन्न नहीं है और इससे होने वाले विकिरण को रेडियोऐक्टिवताहीन (non-radioactive) बेरिलियम धातु पर प्रहार करने दिया। इस समय तक ऐसी समस्याओं के अध्ययन के लिए प्रयोगशालाओं में कई तरीके खोज निकाले गए थे। इसका एक आश्चर्यजनक परिणाम यह निकला कि पोलोनियम से होने वाले विकिरण ने जैसी कि आशा थी केवल बेरिलियम को रेडियो ऐक्टिव ही नहीं बना दिया अपितु इसे मूल तत्व पोलोनियम की अपेक्षा भी अधिक रेडियोऐक्टिव कर दिया। दूसरे शब्दों में हम यह कह सकते हैं कि सम्भवतः पोलोनियम ऐसी किरणें या कण विसर्जित कर रहा था जिनका बंधुत उपकरणों द्वारा पता नहीं लगाया जा सकता था लेकिन फिर भी वे रेडियोऐक्टिवता पैदा कर रहे थे। बेरिलियम और सूचक उपकरण (detecting instrument) के बीच में विभिन्न द्रव्यों को जो आवरण लगा कर देखे गए तो उन्होंने रेडियोऐक्टिवता को और अधिक बढ़ा दिया।

यदि ये आवरण किन्हीं ऐसे पदार्थों के होते जिनमें अथ तत्त्वों के साथ हाइड्रोजन मिलाती होती तो उनसे रेडियोऐक्टिवता में सबसे अधिक वृद्धि हो जाती। इनमें सबसे अधिक प्रभावशाली पदार्थ पानी, सेलोफेन या पैराफिन थे (इन द्रव पदार्थों का उपयुक्त पात्र में होना तो आवश्यक है ही)।

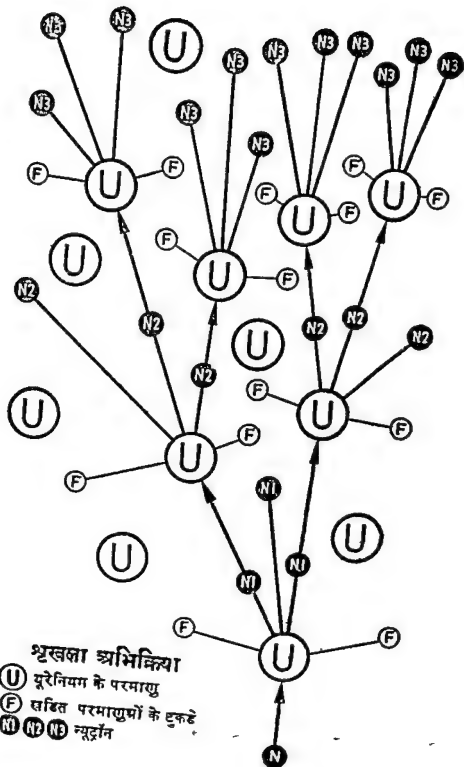
ब्रिटेन के भौतिक विद्वान सर जेम्स चेडविक ने जो उस समय केंब्रिज में कार्य कर रहा था उसी वर्ष इसका स्पष्टीकरण प्रस्तुत किया। उसने इसका समाधान यह दिया कि सम्भवतः यूट्रॉन (जैसी कि रदरफोर्ड ने बारह वर्ष पूर्व भविष्यवाणी की थी) बेरिलियम से आ रहे हों और शायद ये परमाणुओं को आवरण के अन्दर विघटित कर रहे हों। इस प्रकार परमाणुओं से विघटित होने वाले टुकड़ों पर विद्युत् आवेश होगा और ये रेडियोऐक्टिवता सूचक विद्युत् दर्शी या अथ उपकरणों में माप सकने योग्य प्रभाव उत्पन्न करेंगे।

# शृंखला अभिक्रिया (chain reactions)

व्यावहारिक रूप से शृंखला अभिक्रिया का किस प्रकार प्रयोग करें, इस बारे में विचार करने से पहले एक अत्यन्त विशिष्ट प्रकार के परिवर्तन के बारे में थोड़ा-बहुत जान लेना आवश्यक है। इस परिवर्तन को वैज्ञानिक शृंखला अभिक्रिया कहते हैं। इस विश्व में जो भी परिवर्तन होते हैं चाहे वे उबलने या जमने जैसे भौतिक परिवर्तन हो या जस्ते पर गंधक के तेजाब की या लोहे पर ताम्र सल्फेट (नीलाथोथा) की क्रिया की तरह के रासायनिक परिवर्तन हो, इन सभी के सम्बन्ध में किसी न किसी प्रयोगशाला में ही अध्ययन किया जाता है।

ये परिवर्तन अपने आप में सामान्यतः पूर्ण होते हैं। अगर पानी को उबालें तो भाप निकलती है। यह भाप या तो हवा में विलीन हो सकती है या इसे सघनित करके आसवित जल (distilled water) प्राप्त कर सकते हैं।—अगर जस्ते (जिंक) पर गंधक का तेजाब (सल्फ्यूरिक एसिड) डाला जाए (जैसा कि शायद स्कूल में आपने किया भी होगा) तो हाइड्रोजन गैस निकलती है और एक जिंक सल्फेट नामक पदार्थ बच रहता है। सल्फ्यूरिक अम्ल के एक अणु से एक अणु हाइड्रोजन का और एक अणु जिंक सल्फेट का बनता है। इतना होने पर परिवर्तन समाप्त हो जाता है।

शृंखला अभिक्रिया इससे बिल्कुल भिन्न प्रकार का परिवर्तन है। इसमें एक परमाणु से निम्नोक्त होने वाला न्यूट्रान अन्य परमाणु पर प्रहार करता है इसके परिणामस्वरूप और न्यूट्रान निम्नोक्त होते हैं फिर ये न्यूट्रान अन्य परमाणुओं पर प्रहार करते हैं। इसका परिणाम यह होता है कि परिवर्तन क्रमशः अधिकाधिक तेज होता जाता है, प्रस्तुत आलेखों में इस प्रक्रिया को दर्शाया गया है।



### शृंखला अभिक्रिया

- (U) यूरेनियम के परमाणु  
 (F) क्षयित परमाणुओं के टुकड़े  
 (N1) (N2) (N3) न्यूट्रॉन

# यूरेनियम का विखंडन

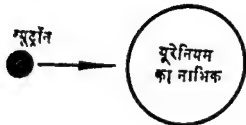
दिए आलेख को देखने से पता चलता है कि यूरेनियम का एक परमाणु बँसे विघटित होता है। इस प्रयोजन के लिए सबसे अच्छा वह यूरेनियम है जो सबसे अधिक सुगमता से विघटित होता हो। यह यूरेनियम 235 है। इसे 235 परमाणुभार के कारण यूरेनियम 235 कहते हैं। इसके अलावा विभिन्न परमाणु भारों वाले कई अन्य प्रकार के भी यूरेनियम होते हैं।

जब यूरेनियम 235 विघटित होता है तो इसका एक परमाणु सामान्यतः तीन न्यूट्रॉन उत्पन्न करता है। इनमें से प्रत्येक न्यूट्रॉन यूरेनियम के एक-एक और परमाणु को तोड़ सकता है। जिससे प्रत्येक परमाणु तीन और नए न्यूट्रॉनों को उत्पन्न करेगा। इस प्रकार इस बात की सहज ही कल्पना की जा सकती है कि जब एक बार यह प्रक्रिया शुरू हो जाए तो यह क्रमशः अधिकाधिक तेज होती जाएगी और चूँकि प्रथम न्यूट्रॉन के निमुक्त होने और इसके यूरेनियम के दूसरे परमाणु पर प्रहार करने तक सैकड़ों से भी बहुत कम समय लगता है अतः कम समय में ही श्रृंखला अभिक्रिया के द्वारा शक्ति का एक विशाल स्रोत पैदा हो जाता है।

इस परिवर्तन के दौरान बहुत अधिक गर्मी भी पैदा होती है।

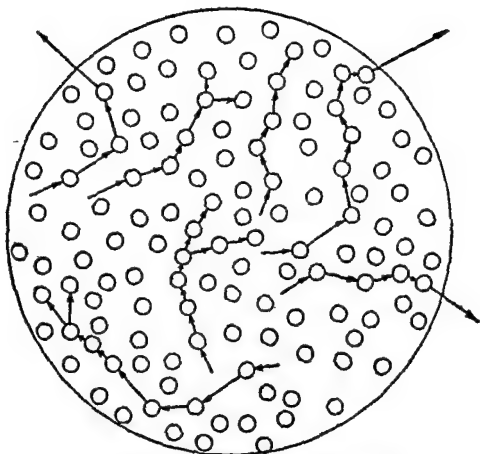
इसकी व्याख्या एक बार फिर अत्यंत सरल रूप में कर दी गई है। यहाँ जिस बात का वर्णन किया गया है उसके अधिकांश का ज्ञान काफी लम्बे अरसे से अब तक निगूढ़ रहस्य के रूप में विभिन्न देशों की प्रयोगशालाओं की परिधि तक ही सीमित रहा। इसका कारण यह था कि 1939 में पहले पहल इस प्रक्रिया का—जिसे सामान्यतः यूरेनियम का विखंडन कहते हैं—विस्तार से अध्ययन किया गया। इस समय द्वितीय विश्वयुद्ध की पृष्ठभूमि तेजी से तैयार हो रही थी। वैज्ञानिकों और राजनीतिक नेताओं ने इस सम्भावना को अनुभव किया कि यदि यूरेनियम 235 की श्रृंखला अभिक्रिया का इस ढंग से विकास किया जाए कि उसे नियंत्रित किया जा सके तो इससे कोई न कोई देश, ऐसा उच्च कोटि का युद्धास्त्र तैयार कर





यूरेनियम का

कैसे



### यूरेनियम की सहायता में न्यूट्रानों के मार्ग

लेगा जो सामान्यतः प्रयोगों में आने वाले रासायनिक विस्फोटकों से बने गोला या बमों से कहीं अधिक शक्तिशाली और भयंकर होगा।

यूरेनियम का यह विखंडन साधारण रेडियोएक्टिवता नहीं है। जब रेडियम में से इलेक्ट्रॉन या अन्य कण निकलते हैं तो उस समय रेडियम के परमाणु का बहुत थोड़ा-सा भाग ही अलग होता है। रेडियम का परमाणु भार 226 है जब कि रेडॉन का 222 अर्थात् रेडियम के नाभिक का बहुत थोड़ा भाग ही टूटता है। लेकिन यूरेनियम 235 के टूटने से दो भाग अलग होते हैं जिसमें एक का परमाणु भार लगभग 100 होता है और दूसरे का लगभग 135, इस प्रकार जो मुख्य तत्त्व बनते हैं उनके नाम बेरियम और क्रिप्टॉन हैं। आमतौर पर यूरेनियम

के टूटने से औसतन ये दो ही तत्त्व प्राप्त होते हैं, लेकिन यह परिवर्तन हमेशा पूरी तरह इसी रूप में नहीं होता। यूरेनियम परमाणु के लगभग दो भागों में विभक्त होने से सिद्ध होता है कि यह परिवर्तन बहुत अधिक तीव्र होता है।

कभी-कभी तो यह परिवर्तन इस रूप में विलकुल भी नहीं होता। सन् 1951 में ही यह देगने में आ गया था कि कुछ परमाणु विलकुल भी खंडित नहीं हुए। यूरेनियम 235 के कुछ परमाणुओं ने एक न्यूट्रॉन को अपने अंदर मिला लिया और इस प्रकार यह एक और प्रकार का यूरेनियम बन गया जिसे यूरेनियम 236 कहते हैं। यह यूरेनियम 236 उस यूरेनियम की अपेक्षा बहुत कम रेडियोएक्टिव है जिसके द्वारा शृंखला अभिक्रिया शुरू हुई थी, लेकिन जिन परमाणुओं ने इस प्रकार आचरण किया उनकी संख्या बहुत कम थी।

## परमाणु बम

द्वितीय विश्वयुद्ध (1939-45) के आरम्भिक वर्षों में ग्रेट ब्रिटेन, कनाडा और अमरीका के वैज्ञानिकों का एक दल इस समस्या के समाधान के लिए प्रयत्नशील था। सन् 1944 तक उन्होंने इस दिशा में जो प्रगति की उससे यह पता चल गया कि निकट भविष्य में परमाणु बम का निर्माण संभव हो जाएगा।

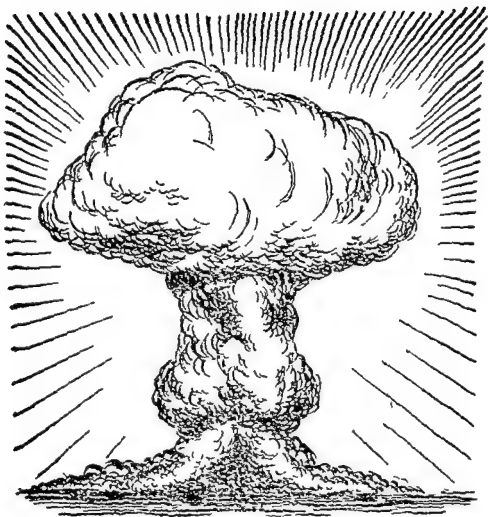
इससे पूर्व जो कुछ बताया जा चुका है उससे यह अनुमान लगाना कठिन नहीं कि यह कार्य कैसे संभव हुआ होगा। अगर हमारे पास यूरेनियम 235 का एक टुकड़ा हो तो केवल उस टुकड़े का आकार ही इस बात का निर्णय करता है कि शृंखला अभिक्रिया और न्यूट्रॉनों का मोचन जो पहले ही आरम्भ हो चुका है वह तीव्र होगा या नहीं। यदि यह टुकड़ा एक विशिष्ट आकार से छोटा हो (यह जानकारी आज भी रहस्य ही है) तो अधिकांश न्यूट्रॉन हवा में चले जाएंगे और धीरे-धीरे यूरे-

नियम भी विलीन हो जाएगा। परन्तु यदि यह टुकड़ा उस खास परिमाण से बड़ा होगा तो न्यूट्रॉन इसी में रके रहेगे और श्रृंखला अभिक्रिया क्रमशः अधिकाधिक तेज होती जाएगी और एक सैकड़ या उससे भी कम समय में यह विस्फोट बन जाएगा।

यही परमाणु बम का तथाकथित रहस्य है। सन् 1945 में ऐसे ही दो परमाणु बम जापान के दो शहरों पर गिराए गए थे जिसने जापान को शांति वार्ता के लिए मजबूर कर दिया। यह कोई बहुत पेचीदा रहस्य न था। वस्तुतः यह इंजीनियरी की समस्या थी कि इस बम को कैसे बनाया जाए। एक पयूज की सहायता से यूरेनियम 235 के दो टुकड़ों को (ये दोनों टुकड़े इतने छोटे होते हैं कि उनसे खतरे की कोई आशंका नहीं होती) परस्पर मिलाकर यूरेनियम 235 का एक बड़ा टुकड़ा बना दिया जाता है जो खतरे के स्थल से ऊपर चला जाता है। इस परमाणु बम का यही रहस्य है। सन् 1945 में द्वितीय विश्वयुद्ध की समाप्ति के बाद कुछ ही वर्षों में अधिकांश बड़े-बड़े राष्ट्रों ने इसका अपने-अपने ढंग से विकास कर लिया।

लेकिन यह समझना भी एक भूल होगी कि कोई भी विज्ञान में रुचि रखने वाला लड़का या लड़की अपने घर के आंगन में इस कार्य को कर सकता है। इसे बनाने की प्रक्रिया बहुत लम्बी, पेचीदा और खर्चीली है। उदाहरण के तौर पर विभिन्न प्रकारों के यूरेनियम में से यूरेनियम 235 को अलग करना बहुत कठिन काम है। लेकिन स्मरण रहे कि अगर किसी भी देश के वैज्ञानिकों को इसके लिए पर्याप्त धन और समय दिया जाए तो वे इस कार्य को बखूबी कर सकते हैं।

इस समय तक अधिकांश लोग परमाणु बम के विस्फोट से उठने वाले कुकरमुत्ता की तरह के बादलों से भलीभांति परिचित हो चुके हैं। 1945 के बाद से विभिन्न एकांत स्थलों में परमाणु बमों के परीक्षण किये जा चुके हैं। ये परीक्षण अमरीकी सरकार द्वारा प्रशांत महासागर में स्थित बिक्नी द्वीप के पास, ब्रिटिश सरकार द्वारा आस्ट्रेलिया के रेगिस्तान में और रूस सरकार द्वारा साइबेरिया के उजाड़ प्रदेश में किए गए। सभी शांतिप्रिय देशों की सरकारें परमाणु बमों के परीक्षणों



आदि पर प्रतिबन्ध लगाने के पक्ष में हैं। अगर परमाणु ऊर्जा के इस विनाशकारी उपयोग पर नियन्त्रण न लगाया गया तो इस बात का भयकर खतरा है कि परमाणु का दुरुपयोग करके मानव फिर से कहीं वर्तमान के अधकारपूर्ण युग में न लौट आए।

साथ ही, यह भी न समझे कि परमाणु ऊर्जा का उपयोग केवल परमाणु बम के निर्माण के लिए ही हो सकता है। इसका अनेक गृहनात्मक कार्यों के लिए भी उपयोग हो सकता है जिसका वर्णन आगे चल कर दिया जाएगा।

# परमाणु से ऊर्जा उत्पादन की विधि

यदि परमाणु का मानव कल्याण के लिए प्रयोग करना हो तो निश्चय ही पहले परमाणु में ऊर्जा का संचित होना आवश्यक है जिसे किसी न किसी प्रकार उन्मोचित किया जा सके। मनुष्य चाहे जिस किसी भी तरीके से मशीन का उपयोग करे, प्रथम आवश्यकता इस बात की है कि किसी प्रकार ऊष्मा पैदा की जाए जिसका मशीनो को चलाने के लिए प्रयोग किया जा सके। मूलतः अब हमारे सामने एकमात्र समस्या ऊष्मा को गति में परिवर्तन करने की रह जाती है।

अब परमाणु से यह कार्य किस प्रकार कराया जाए। प्रारम्भ में ही हमें यह समझ लेना चाहिए कि इन सभी परिवर्तनों में ऊष्मा उत्पन्न होती है चाहे वे परमाणु से एक इलेक्ट्रॉन निकलने जैसे सरल परिवर्तन हो अथवा परमाणु बम की तरह की श्रृंखला अभिक्रियायें, परमाणु बम से वास्तव में इतनी ऊष्मा पैदा हुई थी कि मीलो दूर स्थित वस्तुयें भी नष्ट हो गईं। इतनी अधिक ऊष्मा मशीनें चलाने अथवा अन्य कोई उपयोगी कार्य करने के लिए व्यर्थ है।

अगर परमाणु ऊर्जा का उपयोग इजनों को चलाने के लिए करना हो तो पहले इसे नियन्त्रित करना होगा। एक समय में इसकी थोड़ी मात्रा ही तैयार की जानी चाहिए क्योंकि परमाणु विस्फोटन की प्रक्रिया में जो आवेशित कण निकलते हैं वे प्राणियों के जीवन के लिए हानिकारक होते हैं। 1954 में संयुक्त राज्य अमेरिका की सरकार ने प्रशांत महासागर में एक बहुत अधिक शक्तिशाली परमाणु बम का विस्फोट किया था। बाद में पता चला कि इस परीक्षण स्थल से अनेक मील दूर समुद्र में मछलियाँ पकड़ते हुए कुछ जापानी मछियारे इस विस्फोट के बाद आकाश से गिरने वाली रेडियोऐक्टिव धूलि के कारण बुरी तरह बीमार हो गए और उनमें से कुछ मर भी गए। उन्होंने जो मछलियाँ पकड़ी थी वे भी रेडियोऐक्टिव धूलि के प्रभाव से विपादित हो गई थी। इसलिए इस बात की समुचित व्यवस्था कर लेना जरूरी है कि कोई भी विद्युत् सक्रिय कण बाहर न निकल पाए। यदि इसे रोकने का उपाय

और श्रृंखला अभिव्रिया का नियन्त्रित किया जा सके अर्थात् इसे मर्यादा में रखकर विस्फोट न होने दिया जाए तो परमाणु में संचित ऊर्जा का उपयोग संभव है ।

ऊर्जा के ऐसे स्रोतों को उद्योगों के लिए सुलभ बनाने के लिए ही सन् 1946-47 में ब्रक्शायर वे हावेल नामक स्थान पर प्रथम ब्रिटिश परमाणु-ऊर्जा-केन्द्र स्थापित किया गया था । लाड रदरफोर्ड के एक योग्यतम सहायक सर जॉन कॉक्क्राफ्ट के हाथ में इसका नियन्त्रण सौंपा गया था । इसी समय नवाशायर के रिमले नामक स्थान पर 1939-45 के युद्ध सामग्री के एक सफलतम प्रमुख सर क्रिस्टोफर हिल्टन की देखरेख में एक डिजाइन और इंजीनियरी मुख्यालय की स्थापना की गई । इसके पश्चात् शीघ्र ही जनस्वास्थ्य की सुरक्षा को दृष्टि में रखते हुए एकान्त प्रदेशों में कई अत्यन्त कारखाने शुरू किए । इनका उद्देश्य औद्योगिक उपयोगों के लिए परमाणु ऊर्जा का प्रयोग करने के तरीके ढूंढना था ।

कभी-कभी पत्रों में इस प्रकार के समाचार छपते हैं कि निकट भविष्य में ही परमाणु-चालित कारों या जहाजों का प्रचलन हो जाएगा । अभी तो यह असंभव प्रतीत होता है, क्योंकि कोई भी परमाणु-चालित गाड़ी चाहे वह स्थल पर चले या जल मार्ग पर उसके यात्रियों की सुरक्षा तो आवश्यक है ही, परन्तु इसके अतिरिक्त चालक और कर्मियों की भी परमाणु के विघटन के कारण पैदा होने वाले अत्यधिक तीक्ष्ण एवं भयंकर विकिरण से रक्षा के लिए, सर्वप्रथम उनमें बहुत मोटे और भारी आवरणों की व्यवस्था होना आवश्यक है । कारों अथवा रेलगाड़ियों में यात्रियों की सीटों के चारों ओर कई हड्डेडबेट की मोटी सीसे की चादरो के लगाने से निश्चय ही गाड़ियों की कार्यक्षमता अधिक नहीं हो सकती । फिर भी अमरीका ने परमाणु-चालित पनडुब्बी का निर्माण कर लिया है । इस प्रकार इंजीनियरी की समस्याओं पर काबू पा लेना कोई ऐसी असंभव बात नहीं है ।

परमाणु-चालित बिजलीघरों के सम्बन्ध में ऐसी कोई बड़ी बात नहीं है । ऐसे बिजलीघर इंग्लैण्ड के अलावा कई अन्य देशों में भी

स्थापित हो चुके हैं और सफलता से कार्य कर रहे हैं। इनमें परमाण्विक परिवर्तनों से उत्पन्न ऊष्मा को वैद्युत् ऊर्जा में परिवर्तित कर लिया जाता है। यह वही वैद्युत् ऊर्जा है जिसे हम अपने सामान्य बिजलीघरों में कोयला जलाकर या टर्बाइन चला कर प्राप्त करते हैं। ब्रिटेन का पहला पूर्णतया परमाणु ऊर्जा से चालित बिजली घर कवरलैंड के काल्डर-हॉल नामक स्थान पर है (इसकी स्थापना 1956 में हुई थी), दूसरा बिजलीघर जो पहिले बिजलीघर से बहुत बड़ा है स्वॉटलैंड के चंपल-ब्रास स्थान पर कार्य कर रहा है। इसके अलावा भी कई बिजलीघर हैं जो या तो बिजली का उत्पादन कर रहे हैं या अभी उन्हें लगाने की योजना है।

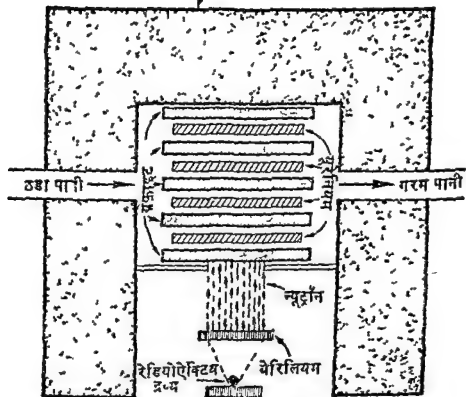
## परमाणु भट्टी (Atomic Pile)

परमाणु ऊर्जा को प्राप्त करने के लिए जिस युक्ति का उपयोग किया जाता है उसे 'परमाणु भट्टी' (atomic pile) कहते हैं। नीचे दिए आलेख से इसकी बनावट के बारे में कुछ पता चल सकता है। इसमें ग्रेफाइट के रूप में सैकड़ों टन कार्बन की सिलें वाम में आती हैं। (यह वही पदार्थ है जिससे पेंसिल का सिक्का बनता है)। ग्रेफाइट की इन सिलों के बीच में भ्रिूरियाँ होती हैं जिनमें यूरेनियम की छड़े रखी होती हैं, ये छड़े शुद्ध यूरेनियम या यूरेनियम के यौगिक की होती हैं। इसके हानिकर विकिरण के किसी भी अंश को बाहर जाने से रोकने के लिए चारों ओर कंक्रीट की एक कई फुट मोटी दीवार होती है।

परमाणु भट्टी का आकार इस बात पर निर्भर करता है कि यूरेनियम की कितनी मात्रा का उसमें उपयोग किया जाएगा। ग्रेफाइट की सिलें यूरेनियम को छोटे-छोटे भागों में पृथक् किए रहती हैं। इसमें मोचित न्यूट्रॉन ग्रेफाइट को काफी अन्दर तक वेध देते हैं। लेकिन इनमें से अधिकांश अन्ततः निष्क्रिय और हानिरहित हो जाते हैं। थोड़े से



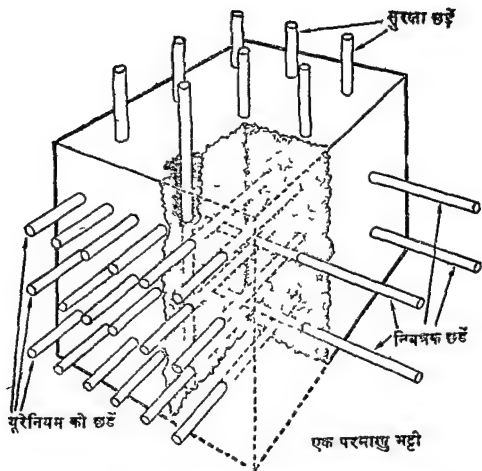
मोटी कंक्रीट की दीवार



परमाणु भट्टी का सरलतम रूप

न्यूट्रॉन ऐसे भी होते हैं जो ग्रेफाइट में से होकर पार निकल जाते हैं जिन्हें कंक्रीट की मोटी दीवार अवशोषित कर लेती है जो परिरक्षक का कार्य करती है। जिन न्यूट्रॉनों को ग्रेफाइट या कंक्रीट की परिरक्षक दीवार अवशोषित कर लेती है वे न तो परमाणु भट्टी के कार्य में सहायक होते हैं और न ही श्रृंखला अभिक्रिया में ही और अधिक भाग लेते हैं।

अगर इस कार्य के दौरान बहुत अधिक न्यूट्रॉन बच निकलें तो श्रृंखला अभिक्रिया मद हो जाएगी। वस्तुतः एक यूनितम आकार से कम आकार होने पर परमाणु भट्टी बिलकुल काम नहीं करती। प्रयोग द्वारा ही यह पता लगाया जा सकता है कि कौन-सा आकार सबसे सुविधापूर्ण एवं सतोपजनक है। हार्वेल में सर जान कॉकक्राफ्ट तथा उसके सहकर्मियों को परमाणु भट्टी के लिए उपयुक्त आकार का पता लगाने के लिए



सबप्रथम कुछ छोटी-छोटी प्रयोगात्मक परमाणु भट्टियाँ बनानी पड़ी थी।

परमाणु भट्टी में प्रतिक्रिया की वास्तविक गति का नियन्त्रण सामान्यतया बोरोन या कैडमियम की सुरक्षा छड़ों को अन्दर प्रविष्ट करवाकर किया जाता है, ये दोनों तत्त्व न्यूट्रॉनों को बड़ी अच्छी तरह अवशोषित कर लेते हैं। यदि परमाणु भट्टी बहुत जल्दी गरम हो जाती हो तो और अधिक सुरक्षा छड़ों को अन्दर प्रविष्ट कराके इसे ठण्डा किया जा सकता है। अगर शृंखला अभिक्रिया बहुत मदगति से हो रही हो, तो कुछ सुरक्षा छड़ों को बाहर निकाल कर इसे तीव्र किया जा सकता है। परमाणु भट्टी की सारी की सारी प्रक्रिया का सामान्य औद्योगिक सयन्त्रों—जैसे गैस घर या गैस सयन्त्र—की तरह ही अच्छी प्रकार नियन्त्रित किया जा सकता है। इसमें मदेह नहीं कि परमाणु भट्टी में

निकलने वाली रेडियोऐक्टिवता के समावित खतरे से बचाव के लिए अपेक्षाकृत अधिक सावधानी बरतने की आवश्यकता होती है। बस इसके अलावा परमाणु भट्टी को नियन्त्रित करने में ऐसे कारखानों की अपेक्षा कुछ अधिक कठिनाई नहीं होती जिसमें काम करते-करते लोगों को बीसियों साल हो चुके हैं।

## परमाणु भट्टी की कार्य पद्धति

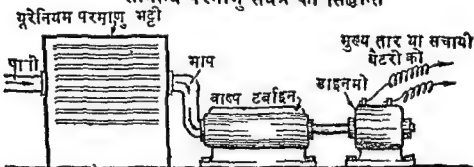
इस बात का उल्लेख किया जा चुका है कि यूरेनियम-विखंडन की प्रक्रिया से प्राप्त ऊष्मा का ही परमाणु बिजलीघरों में उपयोग किया जाता है। यहाँ सरलता के लिए यूरेनियम के विखंडन के बारे में ही चर्चा की जाएगी यद्यपि हार्वेल में तथा कवरलैण्ड में सेलाफील्ड्स के पास स्थित विडस्केल के ब्रिटिश परमाणु बिजलीघर में यूरेनियम की जगह कुछ अन्य पदार्थों का भी उपयोग किया गया है।

यद्यपि परमाणु भट्टी में पूर्व वर्णित विधियों से ताप पर नियन्त्रण पाया जा सकता है लेकिन इस धारे में एक समस्या यह पैदा होती है कि परमाणु भट्टी में से ऊष्मा को प्राप्त करना आसान नहीं होता। यदि कोयले को जलाकर आग पैदा की जाए तो यह समस्या सामने नहीं आती, क्योंकि जहाँ भी ऊष्मा की आवश्यकता हो वहाँ आग जलाकर ऊष्मा पैदा की जा सकती है चाहे उसकी आवश्यकता भट्टी में हो या बाँयलर के नीचे। लेकिन ऐसी व्यवस्था परमाणु भट्टी के द्वारा संभव नहीं है क्योंकि उसमें से निकलने वाले इलेक्ट्रानों या अन्य रेडियोऐक्टिव कणों से बचाव के लिए विशेष व्यवस्था की आवश्यकता होती है।

इसलिए परमाणु भट्टी में से ऊष्मा प्राप्त करने के लिए नीचे दी हुई विधि काम में लाई जाती है। इसमें पानी या किसी रासायनिक द्रव से निष्प्रिय गैस—जैसे नाइट्रोजन को पम्प कर दिया जाता है और फिर इसे पम्प करके बाहर निकाल लेते हैं। पानी या गैस परमाणु भट्टी

के अन्दर ही ऊष्मा का अवशोषण कर लेते हैं (हालांकि यह जरूरी नहीं है कि ये यूरेनियम या अन्य रेडियोएक्टिव पदार्थ के वास्तविक संपर्क में आएँ ही) और जब इन्हें फिर भट्टी में से पम्प करके बाहर निकाला जाता है तो या तो ये काफी ऊँचे तापमान पर होते हैं या इनकी भाप बन चुकी होती है। अब वाँयलरो को गर्म करने या जिन कारखानों में शक्ति की आवश्यकता होती है उनमें अन्य कार्यों के लिए इसका उपयोग हो सकता है।

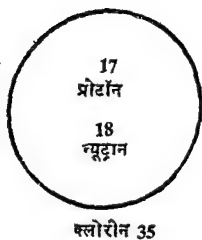
### सामान्य परमाणु सयंत्र का सिद्धान्त



## समस्थानिक (Isotopes)

आपको स्मरण होगा कि यूरेनियम के कई रूप मिलते हैं जिन्हें साधारणतः यूरेनियम 235, 236 आदि नामों से पुकारते हैं। इस तथ्य की ओर कि तत्त्व का एक से अधिक रूपों में अस्तित्व हो सकता है जिनमें रासायनिक दृष्टि से भेद नहीं किया जा सकता, लेकिन जिनका परमाणु भार अलग-अलग होता है पहले ध्यान नहीं दिया गया था। पहले-पहल जब परमाणु भारों को परिकलित किया गया तो तत्त्वों की सूची में सबसे हलके तत्त्व हाइड्रोजन में लेकर सबसे भारी तत्त्व यूरेनियम तक में यह देखा गया कि उनमें से अनेक तत्त्वों के परमाणु भार पूर्ण संख्या में नहीं थे। प्रायः सभी भारी तत्त्व जिनके परमाणु भार भी अधिक, ये रेडियोएक्टिव रूपों

## क्लोरीन के दो रूप



मे मिल गए थे। लेकिन क्लोरीन गैस (जिसका परमाणु भार  $35\frac{1}{2}$  है) जैसे हलके तरब रेडियोऐक्टिव रूप में नहीं मिले इसलिए यह मान लिया गया है कि ये स्थायी निश्चित परमाणु हैं जिन्हें साधारण रीति से तोड़ा नहीं जा सकता।

जैसे ही यह बात स्पष्ट हो गई कि सभी परमाणु प्रोटॉनों, न्यूट्रॉनों (जिनका भार शून्य है) और इलेक्ट्रॉनों (जो निश्चय ही बहुत हल्के होते हैं) से बने होते हैं। यह बात बड़ी मनोखी प्रतीत हुई कि अपूर्ण संख्याओं वाले परमाणु भार कैसे हो सकते हैं। किसी प्रोटॉन या न्यूट्रॉन को भाग्य नहीं दिया जा सकता तो यह सबसे संभव है कि क्लोरीन का परमाणु भार  $35\frac{1}{2}$  हो ?

इस रहस्य का सीधा ही स्पष्टीकरण हो गया। क्लोरीन के दो रूप होते हैं जिनमें से एक का परमाणु भार 37 है और दूसरे का 35। ये दोनों ही रूप क्लोरीन के प्रत्येक प्राकृतिक नमूने में मिले हुए होते हैं और इनके मिलने का अनुपात कुछ इस प्रकार होता है कि उनमें हलकी क्लोरीन के तीन भाग और भारी क्लोरीन का एक भाग होता है इस

प्रकार इस मिश्रित क्लोरीन का परमाणु भार  $35\frac{1}{2}$  आता है ।

आप एक बात स्पष्टतया समझ लें कि इन समस्यानिकों (यह नाम एक ही पदार्थ के भिन्न-भिन्न परमाणु भारवाले परमाणुओं को दिया गया है) में और कोई अन्तर नहीं होता । उनके यौगिक भी वही होते हैं और रसायनन के लिए वे त्रिलकुल एक समान होते हैं । क्योंकि परमाणु के रासायनिक गुणों को उन इलेक्ट्रॉनों की संख्या और रचना निर्धारित करती है जो इलेक्ट्रॉन के द्रवीय नाभिक के चारों ओर चक्कर लगाते हैं । समस्यानिकों में अन्तर वस्तुतः नाभिक का ही अन्तर है । सामान्यतः एक या उससे अधिक न्यूट्रॉनों की उपस्थिति या अभाव जो नाभिक के विद्युत् आवेश को नहीं बदलता और इसलिए इसका चक्कर काटते हुए इलेक्ट्रॉनों की संख्या पर भी कोई प्रभाव नहीं पड़ता । नाभिक पर घनात्मक विद्युत् आवेश के द्वारा इलेक्ट्रॉनों की संख्या निर्धारित होती है और परमाणु स्वयं में विद्युत् उदासीन होते हैं ।

परमाणु भट्टी का दूसरा सबसे महत्वपूर्ण उपयोग इन समस्यानिकों का उत्पादन है । यदि किसी रेडियोऐक्टिवताहीन पदार्थ (non-radio active) जैसे कोबाल्ट धातु—के कुछ परमाणु, परमाणु भट्टी में रख दिए जाएँ और उन्हें न्यूट्रॉन उत्सर्जित करने वाले यूरेनियम के संपर्क में लाया जाए तो कुछ गतिमान न्यूट्रॉन कोबाल्ट के परमाणुओं में प्रविष्ट हो जाएँगे । कुछ न्यूट्रॉन इसके साथ चिपट जाएँगे और कोबाल्ट का समस्थानिक बनाएँगे जिसका परमाणु भार प्रकृति में मिलने वाले सामान्य कोबाल्ट से भिन्न होगा । कुछ अल्प तत्त्वों के नमूने को परमाणु भट्टी में रखने का भी परिणाम यह होगा कि वह एक ऐसा नमूना उत्पन्न करेगा जो स्वयं में रेडियोऐक्टिव होगा । इसमें और प्रकृति में मिलने वाले रूप में कोई रासायनिक भिन्नता नहीं पाई जाएगी, लेकिन यह कुछ-कुछ समय के अन्तर से प्रोटॉन, न्यूट्रॉन या इलेक्ट्रॉन विसर्जित करेगा ।

# चिकित्सा के लिए परमाणु का उपयोग

परमाणु भट्टी से प्राप्त इन समस्यानिकों का एक अप्रत्याशित उपयोग चिकित्सा के क्षेत्र में है। बीसवीं सदी के आरम्भ में—इस बात का ज्ञान हो गया था कि रेडियम के प्रयोग से कैंसर (जो ऐसी बीमारी है जिसके कारण मानव-शरीर की कुछ कोशिकाएँ बहुत तेजी से बढ़ने लगती हैं) का इलाज किया जा सकता है या उसको बढ़ने से रोका जा सकता है। अस्पतालों में ऐसी खोखली एवं छोटी सुइयाँ इस्तेमाल की जाती थी जिनमें रेडियम या रेडॉन होता था। इन सुइयों को रोगी के कैंसर ग्रस्त भाग में प्रविष्ट करा दिया जाता था जिसके प्रभाव से कोशिकाओं की अवाछित वृद्धि या तो मन्द पड़ जाती थी या पूर्णतया रुक जाती थी। इसे रेडियम चिकित्सक नाम दिया गया जो कैंसर में कोशिकाओं की अवाछित वृद्धि को रोकने के कुछ ही सफल तरीकों में से एक है।

लेकिन इसका तभी सफलता से प्रयोग किया जा सकता था जब कि कैंसर शरीर की ऊपरी सतह के समीप ही हो, लेकिन इन सुइयों का जिगर या फेफड़ों में अथवा किसी अन्य अदरुनी भाग पर प्रयोग करना संभव नहीं था।

फिर भी कुछ तत्त्व ऐसे भी हैं जो शरीर के किसी विशिष्ट अंग में पहुँचते हैं। अगर किसी ऐसे पदार्थों को जिसमें ये तत्त्व हो खा लिया जाए या सुई लगाकर रुधिर प्रवाह में प्रविष्ट करा दिया जाए तो वह शरीर के उस विशिष्ट भाग में चला जाएगा और वहाँ रुक जाएगा। यदि उस पदार्थ के परमाणुओं को परमाणु भट्टी में रखकर रेडियोऐक्टिव बना लिया जाए तो वे उस अंग में रेडियोऐक्टिव कणों को प्रविष्ट करा देंगे और अब तो लगभग सभी तत्वों को रेडियोऐक्टिव रूपों में बनाना भी संभव ही गया है। अतः यूरेनियम भट्टी चिकित्सा के क्षेत्र में संभवतः ऐसी क्रांति ला देगी जिसके द्वारा इस अत्यन्त रहस्यपूर्ण एवं खतरनाक बीमारी का इलाज भी संभव हो जाएगा। निश्चय ही आज से पचास वर्षों तक जब अनुसंधानकर्ताओं ने परमाणु की संरचनाओं के बारे में खोज शुरू की थी तो उन्होंने इस बात की कल्पना भी नहीं की होगी।

चिकित्सा अनुसंधान में समस्थानिकों का एक और तरह से भी प्रयोग हो सकता है। अनेक ऐसे पदार्थ हैं जो किसी न किसी रूप में मानव शरीर के लिए उपयोगी हैं। इसका एक उदाहरण नमक है, जिसकी सभी मनुष्यों और बहुत-से प्राणियों को बहुत थोड़ी मात्रा में आवश्यकता होती है। जब हम साद्य पदार्थ में नमक डालकर खाते हैं तो हम संभवतः भोजन को स्वादिष्ट बनाने के लिए ऐसा करते हैं। इसमें संदेह नहीं कि इससे भोजन स्वादिष्ट हो जाता है, लेकिन हमारी पाचनक्रिया को ठीक बनाए रखने के लिए इसकी आवश्यकता होती ही है। रसायन में नमक को सोडियम क्लोराइड कहते हैं। यह सोडियम धातु और क्लोरीन गैस का यौगिक है। यदि सोडियम के एक रेडियोएक्टिव समस्थानिक का प्रयोग करें और इसके कुछ भाग का नमक बना लें तो एक विद्युत् यन्त्र द्वारा शरीर में सोडियम की गतिविधियों को देखा जा सकता है। 1947 में दो अमरीकी रसायनज्ञों ने इसी तरह से मनुष्य की पाचनक्रिया सम्बन्धी समस्याओं का अध्ययन किया, इस प्रकार संभवतः कुछ समय में मनुष्य के शरीर की क्रिया प्रणाली से सम्बन्धित अनेक रहस्यों का भी पता चल सके।

इसका यहाँ एक उदाहरण और दिया जा रहा है। एक अमरीकी विश्वविद्यालय के मेडिकल स्कूल ने रेडियोएक्टिव लोह की बहुत थोड़ी-सी मात्रा लेकर अनुसंधान काय किया। आपको मालूम ही होगा कि लोह स्वस्थ मानव के रक्त का एक अत्यावश्यक अंश है। रक्त दूषित होने का एक प्रकार रक्तक्षीणता (anaemia) की बीमारी हो जाना है जिसका कारण बहुत समय से रक्त में लोहे की कमी हो जाना माना जाता रहा है। यह संभव है कि थोड़े ही समय में रेडियोएक्टिव लोह के प्रयोग द्वारा रक्तक्षीणता का पूर्णरूप से इलाज किया जा सके।

इन रेडियोएक्टिव तत्वों की बहुत थोड़ी मात्रा ही मानव-शरीर में भेजी जाती है अथवा रेडियोएक्टिवता शरीर के लिए हानिकारक भी हो सकती है। लेकिन गाइगर गणित्र (देखिए पृष्ठ 53) जैसे सुग्राही विकिरणमापी उपकरण के द्वारा विकिरण की बहुत कम मात्रा का भी पता लगाया जा सकता है और यह भी मालूम किया जा सकता है कि यह



विवरण शरीर के निम्न भाग में आ रहा है।

इन्हें कभी कभी रेडियोऐक्टिव अनुज्ञापक (tracer) कहते हैं।  
 चिन्ता अनुसंधान में अनुज्ञापक का प्रयोग बहुत अधिक बढ़ा जा रहा है। आरम्भ में अनुज्ञापक अमरीका से मगाने जाते थे क्योंकि ब्रिटेन की अथवा अमरीका में विभिन्न प्रकार की परमाणु भट्टियाँ या बहुत तेजी से विकास किया। लेकिन ब्रिटिश ब्रिटेन के हावेल तथा अन्य परमाणु ऊर्जा केंद्रों में जहाँ उत्पादन शुरू किया तब से ऐसे पदार्थ विभिन्ना अनुसंधान के लिए अधिकाधिक मुलभूत हो जा रहे हैं।

उन अनुसंधानों के द्वारा पौधों की समस्याओं को हल करने का भी प्रयत्न हो सकता है। प्राकृतिक खड में, जो कि पेड़ के रस से प्राप्त होती है, गंधक मिला होता है। खड के लचीलेपन को बनाने में जिसके कारण खड की माँग है गंधक का निम्न योग होता है यह अभी तक गानूँ नहीं हो सके हैं। इस समस्या को सम्भलाने रेडियोऐक्टिव गंधक की सहायता से जाँची हो कर लिया जा सके जहाँ वजानिज तैयारी कृत्रिम खड भी बना सकते हैं। इस प्रकार प्राकृतिक खड की तरह की हो।

## नए तत्त्व (New Elements)

इस पुस्तक में आरम्भ में इस बात का उल्लेख किया जा चुका है कि सबसे पहले तत्त्व हाइड्रोजन से लेकर सबसे भारी तत्त्व यूरेनियम तक प्रकृति में 92 तत्त्व मिलते हैं। परमाणु ऊर्जा के अनुसंधान के फलस्वरूप एक अप्रत्याशित बात यह हुई है कि नए तत्त्वों का निमाण हुआ। ये तत्त्व ऐसे नहीं हैं जो पृथ्वी पर उपलब्ध तो हो, लेकिन कम मात्रा में मिलने के कारण दिखाई न पड़े हो। ये पूर्णतया नए तत्त्व हैं, जिनके बारे में कुछ ज्ञात नहीं था, क्योंकि उनका पृथ्वी पर अस्तित्व ही नहीं था।

यदि किसी परमाणु में से एक प्रोटॉन निकाल कर उस परमाणु

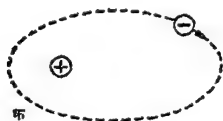
का अपेक्षाकृत सरल तत्त्व का परमाणु बनाना सम्भव है तो किसी परमाणु में एक और प्रोटॉन मिला कर परमाणु को अधिक जटिल तत्त्व का परमाणु भी बनाना सम्भव होना चाहिए। यह प्रक्रिया आसान नहीं है, लेकिन ऐसा करना सम्भव है और किया भी गया है।

इनमें से प्रथम तथाकथित परायूरेनियम तत्त्व (अर्थात् यूरेनियम के बाद के तत्त्व) का निर्माण 1940 में मैकमिलन और एवलमन नामक दो अमेरिकी वैज्ञानिकों ने किया था। इसका नाम 'नेपच्यूनियम' रखा गया। इसके बाद तत्वों की सूची में 94 वे तत्व प्लूटोनियम का शिकागो में निर्माण हुआ। यह तत्व यूरेनियम से भी अधिक रेडियोएक्टिव है और कुछ परमाणु भट्टियों में इसका भी प्रयोग किया गया है। इसके बाद अनेक तत्व भी बनाए गए हैं इनमें से दो तत्व अमेरिकियम (यह नामकरण इस बातको सूचित करने के लिए रखा गया कि ऐसे अनेक तत्वों का सृजन अमेरिकी वैज्ञानिकों की प्रतिभा से हुआ है) और क्यूरियम (इसका नाम पियरे क्यूरी और मरी क्यूरी के नाम पर रखा गया है) हैं। इसमें संदेह नहीं कि भविष्य में और भी ऐसे तत्व बनाए जाएंगे यद्यपि ऐसा प्रतीत होता है कि उच्च परमाणुभार वाले तत्व कम स्थायी होंगे और उनको बनाना और भी अधिक कठिन होगा। इनकी संख्या सौ तक तो पहुँच चुकी है और 101वाँ तत्व पहचाना जा चुका है।

इन नए तत्वों की अभी तक कोई विशेष व्यावहारिक उपयोगिता नहीं है (प्लूटोनियम को इसका अपवाद कहा जा सकता है)। लेकिन विज्ञान की अधिकांश शाखाओं में यह नहीं कहा जा सकता कि अब किसी बिल्कुल ही सामान्य-सी वस्तु की कोई ऐसी अप्रत्याशित उपयोगिता सामने आ जाएगी जिसकी किसी को स्वप्न में भी आशा न होगी। इन तत्वों के निर्माण का कम से कम इतना महत्त्व तो है ही कि मनुष्य अपनी प्रयोगशालाओं में ऐसे नवीन पदार्थों का निर्माण सफलतापूर्वक कर सकता है जिनको यदि वैज्ञानिक नहीं बनाते तो उनका कभी भी अस्तित्व ही न होता।

# हाइड्रोजन बम

पिछले कुछ पृष्ठों में जो कुछ लिखा गया है उसमें यह तो स्पष्ट हो ही जाता है कि परमाणु ऊर्जा का उपयोग पूर्णतया या मुख्यतया भी विनाशात्मक उद्देश्या तब ही भीमित नहीं है चाहे इस बारे में जनसंजी फैलाने बाने समाचारपत्रों का कुछ भी मत क्यों न हो । यदि परमाणु का सही ढंग से उपयोग किया जाए तो इसका कई प्रकार से मानवजाति के कल्याण के लिए उपयोग किया जा सकता है । यह हम नए और शक्ति के समृद्ध स्रोत प्रदान कर सकता है । यह हमें शरीर की क्रिया प्रणाली के बारे में नई अन्तर्दृष्टि प्रदान करके घातक और रहस्यपूर्ण रोगों के इलाज की दिशा में महत्वपूर्ण योग दे सकता है ।



हाइड्रोजन के समस्थानिक  
 क साधारण हाइड्रोजन  
 ख भारी हाइड्रोजन (ड्यूटेरियम)  
 ग ट्राइटियम

$\oplus$  = प्रोटॉन       $\ominus$  = इलेक्ट्रॉन  
 (N) = न्यूट्रॉन

लेकिन लोगों का सबसे अधिक ध्यान परमाणु बम की ओर गया । 1953 और 1954 में समाचारपत्रों में एक नए बम की चर्चा भी चली थी । इसे 'हाइड्रोजन बम' कहा जाता है । यह एक भिन्न प्रकार की शृंखला अभिक्रिया पर आधारित है, यह अभिक्रिया बहुत अधिक प्रचंड शक्ति से होती है, एक बार शुरू होने पर इस क्रिया को रोकना सम्भव नहीं होता, इससे बहुत ही भयंकर विस्फोट होता है और बहुत अधिक

ऊष्मा पैदा होती है।

इससे पूर्व (पृष्ठ 37 पर) जब समस्थानिकों पर विचार किया गया था तो वहाँ हाइड्रोजन के समस्थानिक के बारे में कुछ भी उल्लेख नहीं किया गया। हाइड्रोजन सभी तत्वों से हलका तत्व है। इसकी रचना एक प्रोटॉन और एक इलेक्ट्रॉन से हुई है जिसमें इलेक्ट्रॉन प्रोटॉन के इद-गिद चक्कर लगाता है। यदि इसके नाभिक में एक न्यूट्रॉन मिला दिया जाए तो इससे हाइड्रोजन के परमाणु में रासायनिक दृष्टि से कोई परिवर्तन नहीं होगा लेकिन इसका परमाणुभार दुगुना हो जाएगा। इसे 'भारी हाइड्रोजन' या 'ड्यूटेरियम' (deuterium) कहते हैं, और आक्सीजन के साथ मिलकर इसका जो यौगिक बनता है उसे 'भारी पानी' (heavy water) कहते हैं इसके अलावा हाइड्रोजन का एक और भा समस्थानिक है जो दुर्लभ होता है, इसे 'ट्राइटियम' (tritium) कहते हैं और इसका परमाणुभार 3 होता है।

यदि भारी हाइड्रोजन में कुछ परिवर्तन हो तो इससे भयंकर ऊष्मा पैदा होती है इससे इतनी ही मात्रा के यूरेनियम 235 से भी कहीं अधिक ऊर्जा निकलती है। अगर आपको याद हो कि यूरेनियम के एक परमाणु के बराबर भार प्राप्त करने के लिए भारी हाइड्रोजन के 117 परमाणुओं की जरूरत होता है और भारी हाइड्रोजन का प्रत्येक परमाणु एक न्यूट्रॉन मोचित कर सकता है तो आगे की सम्भावनाओं का आप स्वयं अनुमान कर सकते हैं। हाइड्रोजन बम का निर्माण इसी कल्पना के आधार पर हुआ। लेकिन इस बम के फ्यूज के रूप में साधारण परमाणु बम का प्रयोग होता है। भारी हाइड्रोजन को हीलियम में परिवर्तित करने के लिए बम से बम लगभग 10 लाख डिग्री ताप की आवश्यकता होती है, इतना पृथ्वी पर ताप अभिक पैदा करने का एक ही तरीका है और वह है परमाणु बम के विस्फोट द्वारा।

हाइड्रोजन बमों के परीक्षण किये जा चुके हैं। 1954 में ऐसे ही एक बम ने प्रशांत महासागर में रेडियोऐक्टिव धूलि विकीर्ण कर दी थी। हाल ही के कुछ वर्षों में वैज्ञानिकों ने हाइड्रोजन से हीलियम में परिवर्तन का रचनात्मक कार्यों के लिए प्रयोग करने की कोशिश की है। जीटा

मशीन इसी दिशा में एक प्रयत्न है जिसका 1958 में हार्वेल में परीक्षण किया गया था। इस प्रयत्न में यद्यपि सफलता नहीं मिली थी लेकिन इस तारे में जरा भी सन्देह की गुजाइश नहीं है कि इस प्रयत्न में कभी न कभी सफलता असंभव मिलेगी और फिर शक्ति का असीम स्रोत सुलभ हो जाएगा। समुद्र के पानी में भारी हाइड्रोजन बहुत थोड़ा अनुपात में होती है और यदि हम समुद्र के पानी से ऊर्जा प्राप्त कर सकें तो भविष्य में क्या कुछ हो जाएगा इसका अंदाजा भी नहीं लगाया जा सकता।

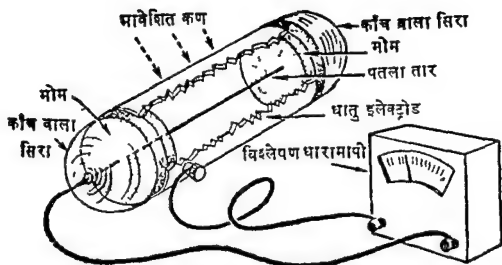
गार्डर आपनो यह प्रतीति है कि पिछले दो तीन पृष्ठों का विवरण कुछ निराशाजनक है। वास्तव में वैज्ञानिक और राजनीतिज्ञ दोनों ही इस बात पर सहमत हैं कि परमाणु ऊर्जा के विनाशकारी क्षण पर नियंत्रण स्थापित होना चाहिये। वे उन विनाशकारी तत्वों पर नियंत्रण स्थापित करने में कहाँ तक सफल होते हैं इस बात पर विद्वत्ता का भविष्य निर्भर है।

## गाइगर गणित्र (Geiger Counter)

इस बात की कल्पना करना कुछ बटिन प्रतीत होता है कि किस प्रकार कुछ (या एक ही) आवेशित वणों का पहचाना जा सकता है। फिर भी कभी-कभी यह जानना आवश्यक हो जाता है कि किसी द्रव्य में थोड़ी-सी ही मात्रा में कोई रेडियोएक्टिव पदार्थ तो नहीं है।

थोड़ी-सी भी मात्रा में आवेशित वणों की उपस्थिति को मापने के लिए जिस उपकरण का उपयोग होता है उसे 'गाइगर गणित्र' (Geiger Counter) कहते हैं। इस उपकरण का यह नाम लॉर्ड रदरफोर्ड के एक अन्य सहायक हैस गाइगर के नाम पर रखा गया है।

इस उपकरण में एक चलनाकार कक्ष होता है (देखिए आलेख) जिसमें हवा या कोई अन्य गैस बहुत कम दाब पर भरी होती है इसके इलेक्ट्रोड (जिनमें एक पीतल की नली होती है और दूसरा पतला तार जो कक्ष के मध्य एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक जाता है) एक विद्युत धारावाही

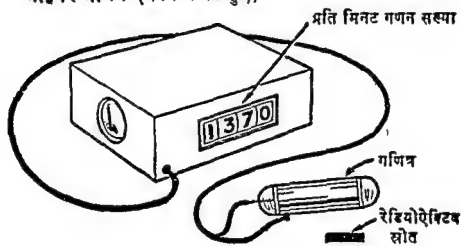


### गाइगर गणित्र का सिद्धांत

(Volta meter) से जुड़े हुए होते हैं। इसमें वोल्टता इतनी कम होती है कि स्फुलिंग गैस में से होकर नहीं गुजर पाता। जब कोई आवेशित कण कक्ष में प्रविष्ट होता है तो इसकी वोल्टता एकदम बड़ जाती है और विश्लेषण-धारामापी इसे रिकार्ड कर लेता है।

शायद इसे बनाना कुछ जटिल प्रतीत हो, लेकिन इसका उपयोग करना बहुत आसान है। इसके साथ यांत्रिक गणन साधनों को (जैसे कि डाकखानों में टेलीफोन कॉलों की संख्या को अंकित करने के लिए प्रयुक्त

### गाइगर गणित्र (कार्य करते हुए)



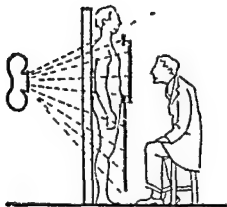
होते हैं) भी सलग्न किया जा सकता है ताकि जब-जब विश्लेषण-धारामापी की सूई घूमे तब-तब एक अथवा अधिक हो जाए। क्विज की क्वेंडिश प्रयोग-शाला में एक मिनट में 10,000 कणों को अंकित किया जा चुका है। विकल्पतः, परिपथ के बीच में लाउडस्पीकर भी लगाया जा सकता है। बिल्क की ध्वनि कणों के आने की सूचना देती है।

## ऐक्स-किरणें (X-Rays)

परमाणु परिवर्तन का एक ऐसा पक्ष भी है जिसका अभी तक उल्लेखमात्र किया गया है, लेकिन विज्ञान की अनेक शाखाओं में इसके बहुत-से महत्वपूर्ण उपयोग हैं। जब कोई रेडियोऐक्टिव पदार्थ—उदाहरण के लिए रेडियम—विघटित होता है तो यह एक से अधिक प्रकार के कणों को विसर्जित करता है। इनमें से कुछ पर विद्युत का घनावेश होता है और कुछ पर ऋणावेश। आपको याद होगा कि यह कुछ अत्यधिक तीक्ष्ण किरणें भी छोड़ता है। ये द्रव्य-कण नहीं अपितु किरणें या तरंगें होती हैं जो प्रकाश की उन तरंगों की ही तरह गति करती हैं जो आँख के पश्च भाग में स्थित संवेदी परत पर, जिसे डाक्टर रेटिना कहते हैं, पहुंचने पर हमें विभिन्न वस्तुओं का बोध कराती हैं।

ये किरणें वास्तव में प्रकाश तरंगों के ही समान होती हैं, अंतर केवल यही होता है कि इनका तरंगदैर्घ्य (Wave length) निम्न होता है। एक तरंग के शिखर से दूसरी तरंग के शिखर तक की औसत दूरी साधारण दृश्य प्रकाश तरंगों की दूरी से बहुत कम होती है। मनुष्य की आँखें तरंग दैर्घ्य के बहुत ही सीमित परास तक ही देख पाती हैं। बहुत कम तरंग दैर्घ्य वाली तरंगों को ऐक्स-किरणें कहते हैं।

ऐक्स-किरणों के विभिन्न स्रोत पाए गए हैं। इन्हें प्राप्त करने का एक स्रोत साधारण क्रुम नली में से इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह है। यह सभी आयनों से अधिक महत्वपूर्ण है क्योंकि डाक्टरों का काम में इसी का प्रयोग



स्क्रीनिंग स्टैंड

सुरक्षा आवरण सहित ऐक्स किरण उपकरण (कार्य करते हुए)



काउण्ट स्टैंड

होता है। जब ट्यूब नली में इलेक्ट्रॉन निकलने वाले इलेक्ट्रोड के सामने वाले सिरे के इलेक्ट्रोड पर तेज प्रवाह वाले इलेक्ट्रॉनों को प्रहार करने दिया जाता है तो इलेक्ट्रोड से ऐक्स-किरण पुंज बाहर निकलता है।

ऐक्स-किरणों का तरंग दैर्घ्य बदला जा सकता है। तरंग दैर्घ्य के अनुसार किरणों की वेधन-शक्ति भी बदलती रहती है। इनमें से जो सर्वाधिक तीक्ष्ण होती है वे 12 इंच मोटी धातु की प्लेट में भी गुजर सकती हैं। चिकित्सा के क्षेत्र में जिन ऐक्स-किरणों का प्रयोग होता है उनकी अपेक्षा ये बहुत अधिक तीक्ष्ण होती हैं।

ऐक्स-किरणों का सबसे अधिक महत्त्व इस बात में है कि उनका उपयोग मनुष्य शरीर की अवस्था की जाँच के लिए किया जा सकता है। अगर कोई बच्चा पिन निगल जाए तो उसके गले और पेट का ऐक्स-किरण फोटो लेकर यह पता चल सकता है कि पिन कहाँ है? और फिर उसकी मर्यादा से डॉक्टर ऑपरेशन करके इसे बाहर निकाल सकता है।

पिछले कुछ वर्षों में बड़े पैमाने पर देश भर में फेफड़ों की जाँच के ऐक्स-रे फोटो लिए गए ताकि यह पता लग सके कि किसी व्यक्ति के तपस्विक जैसी घातक बीमारी के कारण या किसी और कारण से फेफड़े रोगग्रस्त तो नहीं हैं और यदि ऐसी आशंका हो तो उनका यथासमय इलाज किया जा सके। इस उद्देश्य से यदि कोई व्यक्ति ऐक्स रे बनवाना





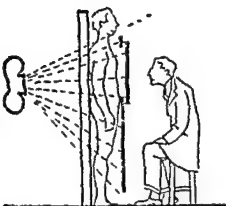
11463

### परमाणु ऊर्जा स्टेशन का एक दृश्य

रेडियोऐक्टिवता से रक्षा करती है। जब रेडियोऐक्टिव के उन बस्तो में से निकालना होता है जिनमें उसे बंद कर तो उस समय भी एक सुरक्षी नकाब पहननी पड़ती है।  
 में दिए हुए घातेर से उन नए कारखानों के भावार, विसु में कुछ मदाखा सगाया जा सकता है जिनका आजकल नि

जो भी व्यक्ति परमाणु के विकास के लिए काम उसे इस काम के लिए विशेष प्रशिक्षण लेना होगा। इस भी विश्वविद्यालय में पाया जा सकता है। इसका अभि पहले डॉनस के साथ स्नातक परीक्षा पास करनी होगी संभवतः कुछ निम्न अवधि के लिए किसी ऐसे प्रामाण्य की देखरेख में काम करना होगा जो परमाणु संबंधी तथ्या में विशेषज्ञता प्राप्त कर रहा हो।

सेट बिटो में ऐसी सभी नियुक्तियाँ मूनास्टे एमर्जी ऑपॉर्टिटी द्वारा की जाती है जो ऐसी सभी करके बाकी सभी कारखानों पर अपना नियंत्रण रख



हस्तीनिंग स्टैंड

सुरक्षा शावरण सहित ऐक्स किरण उपकरण (काय करते हुए)



काउण्ट स्टैंड

सुरक्षा शावरण सहित ऐक्स किरण उपकरण (काय करते हुए)

होता है। जब ट्यूब नली में इलेक्ट्रॉन निकलने वाले इलेक्ट्रोड के सामने वाले सिरे के इलेक्ट्रोड पर तेज प्रवाह वाले इलेक्ट्रॉनों को प्रहार करने दिया जाता है तो इलेक्ट्रोड से ऐक्स-किरण पुज बाहर निकलना है।

ऐक्स-किरणों का तरंगदैर्घ्य बदला जा सकता है। तरंगदैर्घ्य के अनुसार किरणों की वेधन-शक्ति भी बदलती रहती है। इनमें से जो सर्वाधिक तीक्ष्ण होती है वे 12 इंच मोटी धातु की प्लेट में से भी गुजर सकती हैं। चिकित्सा के क्षेत्र में जिन ऐक्स-किरणों का प्रयोग होता है उनकी अपेक्षा ये बहुत अधिक तीक्ष्ण होती हैं।

ऐक्स-किरणों का सबसे अधिक महत्व इस बात में है कि उनका उपयोग मनुष्य शरीर की अवस्था की जांच के लिए किया जा सकता है। अगर कोई बच्चा पिन निगल जाए तो उसके गले और पेट का ऐक्स-किरण फोटो लेकर यह पता चल सकता है कि पिन कहाँ है? और फिर कीमती सहायता से डॉक्टर ऑपरेशन करके इसे बाहर निकाल सकता है।

पिछले कुछ वर्षों में बड़े पैमाने पर देश भर में फेफड़ों की जाँच के लिए किया गया ताकि यह पता लग सके कि किसी व्यक्ति में कैंसर के कारण या किसी और कारण से फेफड़े में ऐसी आशका हो तो उनका यथामय उपचार किया जा सके।

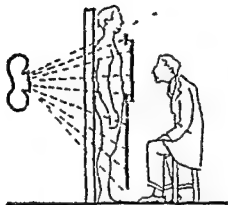
होते हैं) भी सलग्न किया जा सकता है ताकि जब-जब विश्लेषण-धारामापी की सूई घूमे तब-तब एक अक अकित हो जाए। कैप्रिज की कंवेंडिश प्रयोग-शाला में एक मिनट में 10,000 कणों को अकित किया जा चुका है। विकल्पतः, परिपथ के बीच में लाउडस्पीकर भी लगाया जा सकता है। विलक की ध्वनि कणों के आने की सूचना देती है।

## एक्स-किरणें (X-Rays)

परमाणु परिवर्तन का एक ऐसा पक्ष भी है जिसका अभी तक उत्तेजनात्मक किया गया है, लेकिन विज्ञान की अनेक शाखाओं में इसके बहुत-से महत्वपूर्ण उपयोग हैं। जब कोई रेडियोएक्टिव पदार्थ—उदाहरण के लिए रेडियम—विघटित होता है तो यह एक से अधिक प्रकार के कणों को विसर्जित करता है। इनमें से कुछ पर विद्युत का धनावेश होता है और कुछ पर ऋणावेश। आपको याद होगा कि यह कुछ अत्यधिक तीक्ष्ण विवर्ण भी छोड़ता है। ये द्रव्य-कण नहीं अपितु किरणें या तरंगें होती हैं जो प्रकाश की उन तरंगों की ही तरह गति करती हैं जो आँख के पश्च भाग में स्थित संवेदी परत पर, जिसे डाक्टर रेटिना कहते हैं, पहुँचने पर हमें विभिन्न वस्तुओं का बोध कराती हैं।

ये किरणें वास्तव में प्रकाश तरंगों के ही समान होती हैं, अंतर केवल यही होता है कि इनका तरंगदैर्घ्य (Wave length) निम्न होता है। एक तरंग के गिगर से दूसरी तरंग के शिखर तक की औसत दूरी माधारण दृश्य प्रकाश तरंगों की दूरी से बहुत कम होती है। मनुष्य की आँखें तरंग दैर्घ्य के बहुत ही सीमित पराग तक ही देख पाती हैं। बहुत कम तरंग दैर्घ्य वाली तरंगों को ऐक्स-किरणें कहते हैं।

ऐक्स-किरणों के विभिन्न स्रोत पाए गए हैं। इन्हें प्राप्त करने का एक स्रोत माधारण क्रुम नली में से इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह है। यह सभी अन्य स्रोतों से अधिक महत्वपूर्ण है क्योंकि डाक्टरों का भी इसी का प्रयोग



**स्क्रीनिंग स्टैंड**  
सुरक्षा धारण सहित ऐक्स किरण उपकरण (कार्य करते हुए)



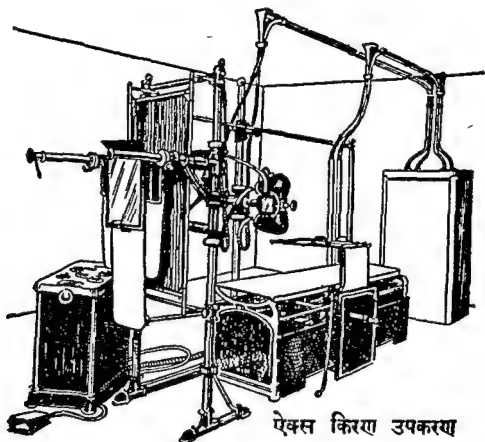
**बाउप स्टैंड**

होता है। जब शुक्ल नली में इलेक्ट्रॉन गिराने वाले इलेक्ट्रोड के सामने वाले सिरे के इलेक्ट्रोड पर तेज प्रवाह वाले इलेक्ट्रॉनों को प्रहार करने दिया जाता है तो इलेक्ट्रोड से ऐक्स-किरण पुज बाहर निकलना है।

ऐक्स-किरणों का तरंग दैय बदला जा सकता है। तरंग दैय के अनुसार किरणा की वेधन-शक्ति भी बदलती रहती है। इनमें से जो सर्वाधिक तीक्ष्ण होती है वे 12 इंच मोटी धातु की प्लेट में से भी गुजर सकती हैं। चिकित्सा के क्षेत्र में जिन ऐक्स-किरणों का प्रयोग होता है उनकी अपक्षा ये बहुत अधिक तीक्ष्ण होती हैं।

ऐक्स-किरणों का सबसे अधिक महत्त्व इस बात में है कि उनका उपयोग मनुष्य शरीर की अवस्था की जाच के लिए किया जा सकता है। अगर कोई उच्चा गिन लिगल जाए तो उसके गले और पेट का ऐक्स-किरण फोटो लेकर यह पता चल सकता है कि पिन कहा है ? और फिर उसकी महायता में डॉक्टर ऑपरेशन करके इसे बाहर निकाल सकता है।

पिछले कुछ वर्षों में बड़े पैमाने पर देश भर में फेफड़ों की जाच के ऐक्स-रे फोटो लिए गए ताकि यह पता लग सके कि किसी व्यक्ति के तपेदिक जैसी घातक बीमारी के कारण या किसी और कारण से फेफड़े रोगग्रस्त तो नहीं हैं और यदि ऐसी आशका हो तो उनका यथासमय इलाज किया जा सके। इस उद्देश्य से यदि कोई व्यक्ति ऐक्स रे क्वाना



ऐक्स किरण उपकरण

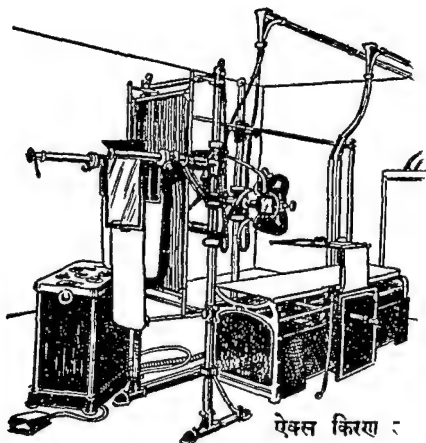
चाहे तो वह निश्चुक् कर सकता है।

धातुओं की बनावट का अध्ययन करने के लिए भी ऐक्स-किरणों का प्रयोग किया जाता है। ढलाई के सामान को उपयोग में लाने से पूर्व उस में यदि ढलाई के कोई दोष हों तो उन्हें भी मालूम किया जा सकता है। इन का क्रिस्टलों की बनावट को समझने के लिए भी उपयोग किया गया है जिससे यह पता चला है कि किसी क्रिस्टलीय पदार्थ में परमाणु किस प्रकार विन्यस्त होते हैं उन्हें बताने वाले आरेख जैसे कि पृष्ठ 2 के आरेख क्रिस्टलों की बनावट ठीक-ठीक दर्शाते हैं।

# परमाणु ऊर्जा का भावी रूप

इस प्रकार हम देखते हैं कि परमाणु ऊर्जा का उपयोग केवल विनाश के लिए ही नहीं होता। यह संभव है कि यदि हाइड्रोजन बम का प्रयोग किया गया तो सभ्य जगत् का विनाश हो जाए, लेकिन ऐसा प्रतीत होता है कि वैज्ञानिकों और राजनीतिज्ञों को अन्ततः इसके प्रयोग को रोकने के लिए कुछ न कुछ अवश्य करना पड़ेगा क्योंकि जिन्हें सिविल रक्षा के उपाय कहा जाता है वे वास्तव में परमाणु आक्रमण के प्रभाव को कुछ कम करने का प्रयत्नमात्र हैं। अगर कभी परमाणु युद्ध छिड़ ही जाए तो ये उपाय न तो पूर्णतया प्रभावशाली सिद्ध हो सकते हैं और न ही ये किंचित भी सतोषपूर्ण ढंग से व्यापक सहार को ही रोक सकते हैं। एक आधुनिक विशेषज्ञ ने तो यहाँ तक कहा है कि ग्रेट ब्रिटेन में योग्य स्थलों पर डाले गये केवल आठ हाइड्रोजन बम ही वहाँ के समस्त उद्योगों को समाप्त कर देने में सफल होंगे।

यदि परमाणु सहार को गैर कानूनी घोषित कर दिया जाए तो जैसा कि उल्लेख किया जा चुका है विश्व-कल्याण के लिए परमाणु के उपयोग की असह्य संभावनाएँ हैं। अतीत में कई निराशापूर्ण व्यक्तियों ने इस बात की संभावना की और ध्यान दिलाने का प्रयत्न किया था कि जब धरती के नीचे के सारे कोयले का उपयोग किया जा चुकेगा तो क्या होगा। कुछ ही समय पूर्व यही बात खनिज तेलों के भंडार के बारे में कही गई थी। इसमें ज़रा भी सदेह नहीं कि जितनी तेज़ी से खनिज तेलों का उपयोग किया जा रहा है उतनी तेज़ी से नए खनिज तेलों के क्षेत्रों की खोज नहीं हो रही है। अब इस बात की संभावना दिखाई दे रही है कि पृथ्वी के संपूर्ण कोयले और तेल के भंडारों का उपयोग करने से पूर्व ही परमाणु भट्टी, जिसके द्वारा बड़े-बड़े बिजलीघर चलाए जाने लगे हैं, मानव की ऊष्मा, प्रकाश और शक्ति की आवश्यकताओं के स्रोत के रूप में तेल के कुंभों और कोयले की खानों का स्थान ग्रहण कर लेगी। इसमें सदेह नहीं कि दुनिया में यूरेनियम के स्रोत भी ऐसे नहीं हैं कि वे कभी समाप्त न हों, लेकिन फिर भी वे काफी प्रचुर हैं और इससे साथ ही साथ



एक्स किरण :

चाहे तो वह निश्चुलक कर सकता है ।

धातुओं की बनावट का अध्ययन करने के लिए भी ।  
का प्रयोग किया जाता है । ढलाई के सामान को उपयोग में ल  
मे यदि ढलाई के कोई दोष हो तो उसे भी मालूम किया जा  
का क्रिस्टल की बनावट को समझने के लिए भी उपयोग  
जिससे यह पता चला है कि किसी क्रिस्टलीय पदार्थ में पर  
विन्यस्त होते हैं उसे बताने वाले आरेख जैसे कि पृ  
क्रिस्टल की बनावट ठीक-ठीक दर्शाते हैं ।



रेडियोएक्टिव सामग्री का दूरस्थ नियंत्रण

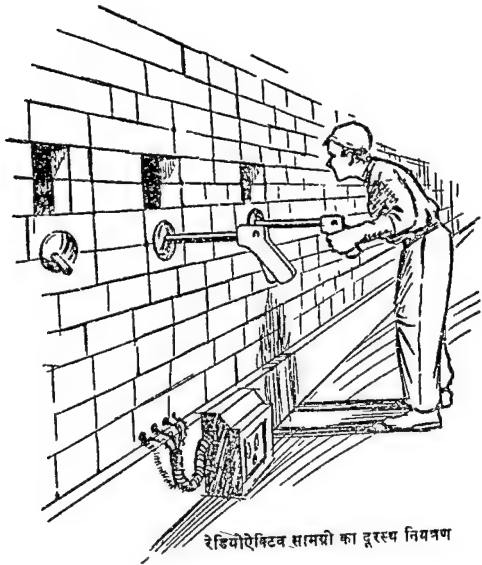


अभी से परमाणु भट्टियों में से प्रकृति में उपलब्ध होने वाले यूरेनियम के बजाए कृत्रिम रूप से निर्मित प्लूटोनियम का प्रयोग होने लगा है।

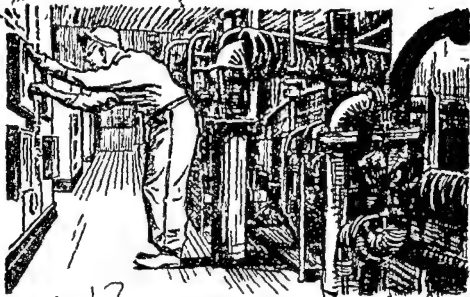
यही बात अरब देशों में भी होगी। परमाणु बमों का निर्माण तो धन और समय की दरवादी है लेकिन परमाणु भट्टी मानव हित के लिए परमाणु प्रदान करती है और इसमें लगे धन के लाभ को अपेक्षाकृत कम समय में ही अनुभव किया जाने लगेगा। हावेल में जीटा मशीन (देसिए पृष्ठ 52) के बारे में किए गए परीक्षणों से भविष्य के तारे में नवीन आशाओं का मंचार होता है।

## परमाणु उद्योग में रोजगार

यदि आप परमाणु उद्योग में रोजगार चाहते हो अर्थात् हावेल, रिसले या विडम्केल में अधिक आवश्यक पदों पर काम करना चाहते हो तो आपको किसी विश्वविद्यालय से भौतिकी में स्नातक परीक्षा पास करनी होगी। इन सभी जगहों में अरब इंजीनियरी मशीनों के समान इंजीनियरी नक्शानवीसों (डापट्समैन) तथा अरब कामगारों के लिए भी काम की गुंजाइश है। पृष्ठ 53-55 के चित्रों से सहज ही अनुमान लगाया जा सकता है कि वहां कैसे काम होता है। जिन बस्तों में रेडियोऐक्टिव अयस्क (ore) आता है वे सीलबंद होते हैं। इन बस्तों में से अयस्क के निकालने में पर्याप्त सावधानी बरतना आवश्यक होता है। वस्तुतः यहां प्रयुक्त होने वाली सामग्री के साथ प्रत्यक्ष रीति से संपर्क में नहीं आ सकते, केवल उपकरणों की सहायता से ही इनका पयवेक्षण किया जाता है इत्यादि। इस प्रकार की सावधानियों को छोड़कर ये रोजगार परमाणु ऊर्जा उद्योग के लिए कोई विरोध नहीं हैं। ये उसी प्रकार के कार्य हैं जिस प्रकार के विद्युत् उद्योग या खनन उद्योग में होते हैं। यहाँ जिन सामग्रियों से वांछता पड़ता है उनमें से अनेक खतरनाक होती हैं। उन्हें तभी प्रयोग में ला सकते हैं जब उसका उपयोग करने वाला बर्मा मोटी दीवार के पीछे हो जो उसकी



रेडियोऐक्टिव सामग्री का दूरस्थ नियंत्रण



11463

परमाणु ऊर्जा स्टेशन का एक दृश्य

रेडियोऐक्टिवता से रक्षा करती है। जब रेडियोऐक्टिव सामग्री को धातु के उन बक्सों में से निकालना होता है जिनमें उसे बंद करके रखा जाता है तो उस समय भी एक सरक्षी नकाब पहननी पड़ती है। इस पुस्तक के अंत में दिए हुए आलेख से उन नए कारखानों के आकार, विस्तार आदि के बारे में कुछ अंदाजा लगाया जा सकता है जिनका आजकल निर्माण हो रहा है।

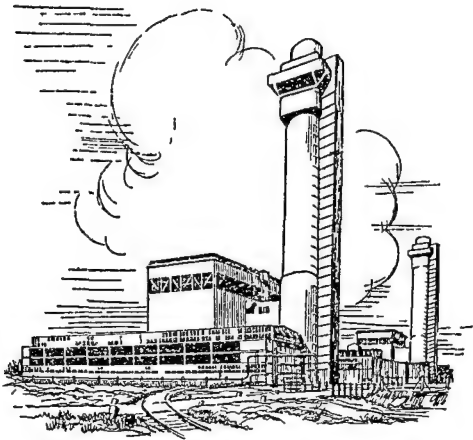
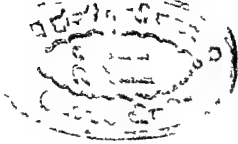
जो भी व्यक्ति परमाणु के विकास के लिए काम करना चाहता है उसे इस कार्य के लिए विशेष प्रशिक्षण लेना होगा। इसका प्रशिक्षण किसी भी विश्वविद्यालय में पाया जा सकता है। इसका अभिप्राय यह है कि उसे पहले ऑनस के साथ स्नातक परीक्षा पास करनी होगी और उसके बाद समस्त कुछ नियत अवधि के लिए किसी ऐसे प्राध्यापक या स्टॉफ के सदस्य की देखरेख में कार्य करना होगा जो परमाणु संबंधी समस्याओं के अनुसंधान में विशेषज्ञता प्राप्त कर रहा हो।

ग्रेट ब्रिटेन में ऐसी सभी नियुक्तियां यूनाइटेड किंगडम एटॉमिक एनर्जी अथॉरिटी द्वारा की जाती हैं जो ऐसी सभी प्रायोजनाओं पर काम करने वाले सभी कारखानों पर अपना नियंत्रण रखती है। समाचारपत्रों

मे समय-समय पर पदों के लिए विज्ञापन निकलते हैं लेकिन इन स्थानों पर केवल प्रशिक्षण प्राप्त व्यक्ति ही चुने जाते हैं। ऐसे लोग जिनके पास पहले कोई योग्यता न हो उनके प्रशिक्षण की अभी कोई व्यवस्था नहीं है। इसका एकमात्र अपवाद ऐकम-रे उद्योग है (जो इसी विषय की एक ऐसी शाखा है जिसमें अधिकांश खाली स्थान होते हैं)। देशभर के अधिकांश बड़े हस्पतालों में ऐकम-रे विभाग हैं। यह काम बड़ा आवश्यक और लाभप्रद है, जो भी व्यक्ति इस कार्य में रुचि रखता है उसे अपने निकटतम हस्पताल से संपर्क स्थापित करने की मलाह दी जाती है जहाँ से इस संबंध में प्रशिक्षण, वेतन तरक्की की संभावना आदि के बारे में उसे सूचना मिल सकती है। यूनाइटेड किंगडम ऐटॉमिक एनर्जी अथॉरिटी का लंदन स्थित कार्यालय II चात्स II स्ट्रीट, लंदन, एम डब्ल्यू 1 में है।



रेडियोऐक्टिव पदार्थ के सीलबंद बक्स को खोलना



विडस्केल, कबरलैंड की परमाणु भट्टी

# पुस्तक में प्रयुक्त पारिभाषिक शब्द

अणु (molecule)—तत्वों का संयोग ।

इलेक्ट्रॉन (electron)—वह छोटा कण जो सभी परमाणुओं में पाया जाता है और जिस पर ऋण-विद्युत् आवेश होता है ।

इलेक्ट्रोड (electrode)—किमी तनी या अन्य पदार्थ में प्रवेशित एमी प्लेट, छड़ या तार जो तार द्वारा विद्युत् स्रोत से जुड़ा हो ।

एक्स किरणें ( X-rays )—रेडियो ऐक्टिव तत्वों द्वारा उत्पन्न द्रव्य पर इलेक्ट्रॉनों के प्रहार के फलस्वरूप उत्पन्न होने वाली कम तरंग-दैर्घ्य वाली किरणें ।

एल्फा कण (alpha particles)—अनेक रेडियो ऐक्टिव तत्वों से निकलने वाले हीलियम के आवेशित नाभिक ।

क्रिस्टल (crystal)—किसी नियत आकार के पदार्थ का अणु जिसके परमाणु विशेष क्रम और तरतीब में विन्यस्त होते हैं ।

गाइगर गणित ( geiger counter )—किमी विशिष्ट स्थान में आवेशित कणों की गणना करने का यंत्र ।

तत्व (element)—एक ही प्रकार के द्रव्य से बना पदार्थ ।

नाभिक (nucleus)—परमाणु का केंद्रीय कोश ।

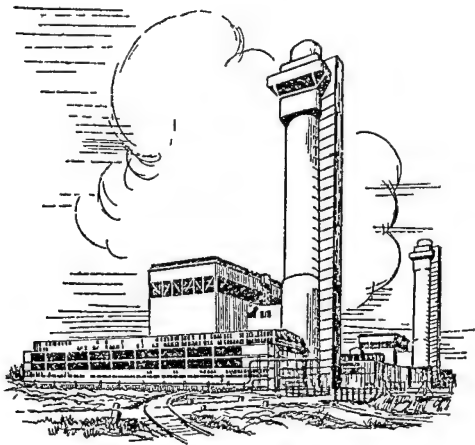
न्यूट्रॉन (neutron)—परमाणुओं का वह घटक जिस पर किसी भी प्रकार का विद्युत् आवेश नहीं होता ।

परमाणु (atom)—पदार्थ का वह सबसे छोटा भाग जिसका अस्तित्व संभव है ।

परमाणु भट्टी (atomic pile)—रेडियोऐक्टिव तत्वों से ऊर्जा प्राप्त करने का एक साधन ।

परमाणु भार (atomic weight)—हाइड्रोजन के एक परमाणु की तुलना में किसी तत्व के परमाणुओं का औसत भार ।

परा-यूरेनियम तत्व (trans uranic elements)—ऐसे तत्व जो प्रकृति में सुलभ नहीं हैं और जिनका परमाणु भार यूरेनियम से अधिक होता है ।



विटस्केल, कबरलैंड की परमाणु भट्टी

# पुस्तक में प्रयुक्त पारिभाषिक शब्द

अणु (molecule)—तत्वों का संयोग ।

इलेक्ट्रॉन (electron)—वह छोटा कण जो सभी परमाणुओं में पाया जाता है और जिस पर ऋण-विद्युत् आवेश होता है ।

इलेक्ट्रोड (electrode)—किसी गनी या अन्य पान में प्रवर्तित पत्ती प्लेट, छड़ या तार जो तार द्वारा विद्युत् मात से बद्ध हो ।

एक्स किरणें ( X-rays )—रेडियो ऐक्टिव तत्वों द्वारा उत्सर्जित द्रव्य पर इलेक्ट्रॉनों के प्रहार के फलस्वरूप उत्पन्न होने वाली कम तरंग-दैर्घ्य वाली किरणें ।

ऐल्फा कण (alpha particles)—अनेक रेडियो ऐक्टिव तत्वों से निकलने वाले हीलियम के आवेशित नाभिक ।

क्रिस्टल (crystal)—किसी नियत आकार के पदार्थ का अणु जिसके परमाणु विशेष क्रम और तरतीब में विन्यस्त होते हैं ।

गाइगर गणि ( geiger counter )—किसी विनिष्ट स्थान में आवेशित कणों की गणना करने का यंत्र ।

तत्व (element)—एक ही प्रकार के द्रव्य से बना पदार्थ ।

नाभिक (nucleus)—परमाणु का केंद्रीय क्लोड ।

न्यूट्रॉन (neutron)—परमाणुओं का वह घटक जिस पर किसी भी प्रकार का विद्युत् आवेश नहीं होता ।

परमाणु (atom)—पदार्थ का वह सबसे छोटा भाग जिसका अस्तित्व संभव है ।

परमाणु भट्टी (atomic pile)—रेडियोऐक्टिव तत्वों से ऊर्जा प्राप्त करने का एक साधन ।

परमाणु भार (atomic weight)—हाइड्रोजन के एक परमाणु की तुलना में किसी तत्व के परमाणुओं का औसत भार ।

परा-यूरेनियम तत्व (trans uranic elements)—ऐसे तत्व जो प्रकृति में सुलभ नहीं हैं और जिनका परमाणु भार यूरेनियम से अधिक होता है ।



पॉजिट्रॉन (positron)—इलेक्ट्रॉन की तरह का ही एक कण जिसपर धन-विद्युत् आवेश होता है ।

प्रोटॉन (proton)—सभी परमाणुओं के नाभिक का रचक जिस पर धन विद्युत् आवेश होता है ।

भारी पानी (heavy water)—भारी हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का यौगिक ।

भारी हाइड्रोजन (heavy hydrogen)—हाइड्रोजन का एक समस्थानिक जिसका परमाणु भार 2 होता है । इसे ड्यूटेरियम भी कहते हैं ।

रेडियम चिकित्सा (radium therapy)—कई बीमारियों की, विशेषतः कैंसर की चिकित्सा के लिए रेडियम का उपयोग ।

रेडियोएक्टिव अनुज्ञापक (radio-active tracers)—रेडियोएक्टिव द्रव्य की बहुत थोड़ी-सी मात्रा जिसकी प्रक्रिया किसी प्राणी या मनुष्य के शरीर में गाइगर गणित्र द्वारा जानी जा सकती है ।

रेडियोएक्टिवता (radio-activity)—कुछ तत्वों के परमाणुओं का स्वतः विखंडन ।

विखंडन (fission)—किसी परमाणु का दो भागों में विभाजित होना जिसमें दोनों भाग लगभग समान आकार के होते हैं ।

विद्युत्-चुंबक (electro-magnet)—ऐसा उपकरण जिसमें किसी मृदु लोहे के टुकड़े को चुंबकित किया जाता है, जिसके लिए लोहे के टुकड़े पर कुंडली की तरह लिपटे हुए तार में से विद्युत् धारा प्रवाहित की जाती है ।

विद्युत्दर्शी (electroscope)—विद्युत् आवेश की बहुत थोड़ी-सी मात्रा का भी पता लगाने का उपकरण जिसमें दो बहुत पतले पतले स्वर्णपत्र लगे होते हैं ।

शृंखला अभिक्रिया (chain reaction)—एक ऐसी अभिक्रिया जो एक बार शुरू होने पर निरंतर चलती रहती है और जिसमें प्रत्येक परिवर्तन एक नए परिवर्तन को जन्म देता है ।

समस्थानिक (isotopes)—ऐसे परमाणु जिनके रासायनिक गुण तो एक से होते हैं किंतु जिनका परमाणु-भार भिन्न-भिन्न होता है ।





**THE PROGRESS OF SCIENCE Series in Hindi**  
**(All books are fully illustrated or Plates on art paper)**

---

<b>Great Discoverers in Modern Science</b>	Patrick Pringle
<b>Modern Scientists At Work</b>	Amabel Williams Ellis
<b>Men Who Changed The World</b>	Egon Larsen
<b>Men Who Shaped The Future</b>	Egon Larsen
<b>The Common Sense of Science</b>	J Bronowski
<b>Everyday Science Topics Book I III</b>	T A Tweedle
<b>Stories from Science Book I IV</b>	Sutcliffe & Sutcliffe
<b>Achievements of Science I VIII</b>	M Anderwood
<b>The Making of Man by</b> I W Cornwall & M Mantland Howard (Carnegie Medal Winner)	
<b>Diversity of Man</b>	Robin Clark
<b>Animal life in the Tropics</b>	E M P Walters
<b>Life in the Deep</b>	Maurice Burton
<b>Planet Earth</b>	Dr Ronald Fraser
<b>Weather</b>	R S Scorer
<b>The World of Feelings</b>	J D Carthy
<b>Nature and Man</b>	John Hillaby
<b>Biology for the Modern World</b>	C H Waddington
<b>Great Moments in Astronomy</b>	Archie E. Roy

**SCIENCE WORK LIKE THIS Series in Hindi**  
**(All books are fully illustrated or Plates on art paper)**

---

<b>Television Works Like This</b>	J & R Bendick
<b>Radar Works Like This</b>	Egon Larsen
<b>Sound Recording Works Like This</b> Clement Brown	
<b>Atoms Works Like This</b>	John Rowland
<b>Helicopters Works Like This</b> Basil Arkell & John W R Taylor	
<b>Transistors Work Like This</b>	Egon Larsen
<b>Jet Planes Work Like This</b>	John W R Taylor
<b>Rockets &amp; Satellites Work Like This</b> John W R Taylor	
<b>Trains Work Like This</b> David St John Thoma.	
<b>Cameras Work Like This</b>	Maurice K. Kidd
<b>Transport</b>	Egon Larsen